

**Funktionenbezogene Optimierung  
der Walderschließung im Göttinger Stadtwald  
unter Einsatz Geographischer Informationssysteme**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von **Swen Hentschel**

geboren in Naumburg

Göttingen, im Juli 1999

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. Gero Becker
  2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. Branislav Sloboda
  3. Berichterstatter:
- Tag der mündlichen Prüfung: 10. September 1999

# **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>II</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IV</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>V</b>
<b>VORWORT .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 EINLEITUNG, PROBLEMDARSTELLUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung in die Themenstellung.....	1
1.2 Zielsetzung für die eigenen Untersuchungen.....	2
1.2.1 Allgemeine Zielsetzung .....	2
1.2.2 Arbeitsziele .....	3
<b>2 DARSTELLUNG DES KENNTNISSTANDES NACH DER LITERATUR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Planung und Projektierung von forstlichen Wirtschaftswegen.....	4
2.1.1 Klassische Planungsmethoden .....	4
2.1.2 Computergestützte Planungsmethoden für Erschließungsnetze.....	7
2.2 Freizeitwegenetz.....	8
2.2.1 Wanderwege (incl. Waldsport- und Lehrpfade, Skiwanderwege und Loipen) .....	8
2.2.2 Reitwege .....	15
2.2.3 Radwege.....	18
<b>3 MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Das Untersuchungsgebiet: Stadtwald Göttingen.....	22
3.1.1 Allgemeine Beschreibung .....	22
3.1.2 Gegenwärtige Erschließungssituation .....	27
3.2 Technische Voraussetzungen .....	30
3.2.1 Software .....	30
3.2.2 Hardware.....	33
3.3 Datenquellen, Datenerfassung und Datenaufbereitung.....	34
3.3.1 Aufbau eines Digitalen Geländemodells (DGM) .....	35
3.3.2 Digitalisieren der Wege und Abteilungen.....	38
3.3.3 Aufnahme weiterer relevanter Themenbereiche .....	41
3.3.4 Verifikation und Korrektur .....	44
3.3.5 Herleitung von Erschließungskennziffern.....	44
3.4 Herleiten eines bedarfsorientierten Erschließungsnetzes.....	53
3.4.1 Optimieren des Wegenetzes aus forstbetrieblicher Sicht .....	54
3.4.1.1 Situationsbezogene Einzelplanung.....	55
3.4.2 Konzeption eines Freizeitwegenetzes .....	57
3.4.2.1 Kategorisierung von Freizeitwegen.....	57
3.4.2.2 Expertenbefragung als Instrument zur Erhebung von Daten über Freizeitwegenetze .....	60
3.4.3 Optimieren der Nutzungsüberlagerungen .....	64
<b>4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....</b>	<b>67</b>
4.1 Die digitale Datenbasis .....	67
4.2 Das Wegenetz des Stadtwaldes Göttingen im Status quo.....	72
4.2.1 Forstbetriebliches Wegenetz .....	72
4.2.1.1 Kennziffern zur Walderschließung .....	73
4.2.1.2 Wegequalität und Kostenaspekte .....	82

4.2.2	Freizeitwegenetz.....	84
4.2.2.1	Wegedichte / Nutzungsintensität .....	85
4.2.2.2	Wegequalität / Linienführung .....	88
4.2.2.3	Nutzungsüberlagerungen / Vermeidung von Konflikten .....	91
<b>4.3</b>	<b>Das optimierte Wegenetz.....</b>	<b>95</b>
4.3.1	Forstbetrieb.....	95
4.3.1.1	Theoretisches Modell .....	95
4.3.1.1.1	Kennziffern zur Walderschließung.....	95
4.3.1.2	Ergebnisse der situationsbezogenen Einzelplanung – „Realkonzept“.....	101
4.3.1.2.1	Kennziffern zur Walderschließung.....	101
4.3.2	Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz .....	106
<b>4.4</b>	<b>Das multifunktionale Erschließungskonzept .....</b>	<b>110</b>
<b>4.5</b>	<b>Wirtschaftliche Konsequenzen für den Forstbetrieb.....</b>	<b>115</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>117</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>121</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>127</b>

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

<b>Abb. 1:</b>	Grundlagen der generellen Erschließungsplanung .....	5
<b>Abb. 2:</b>	Ablauf der Erschließungsplanung .....	6
<b>Abb. 3:</b>	Ablauf der Projektplanung .....	6
<b>Abb. 4:</b>	Produktplan des Stadtforstamtes Göttingen .....	26
<b>Abb. 5:</b>	GIS- Komponenten.....	31
<b>Abb. 6:</b>	ARC/INFO®- Hardware- Plattformen und Betriebssysteme.....	33
<b>Abb. 7:</b>	Thematische Informationslagen, Quellen und Datenverfügbarkeit.....	35
<b>Abb. 8:</b>	Unregelmäßige Dreiecksvermaschung.....	37
<b>Abb. 9:</b>	Nördlicher Revierteil Göttinger Wald Reliefanalytische Betrachtungen .....	37
<b>Abb. 10:</b>	Revier Hainberg, Digitale Datenbasis vor dem Hintergrund ausgewählter ATKIS- Folien.....	43
<b>Abb. 11:</b>	Herleitung der mittl. Rückeentfernung $RE_m$ mit Hilfe der Punktrastermethode nach V. SEGEBADEN.....	47
<b>Abb. 12:</b>	GIS-gestützte Herleitung der mittleren Rückeentfernung $RE_m$ .....	48
<b>Abb. 13:</b>	Berechnung des Flächeninhaltes eines Erschließungsbandes um eine Referenzgerade.....	51
<b>Abb. 14:</b>	Mehrfacherschließung in einer Kurve, verglichen mit der maximalen Erschließung einer gleich langen Referenzgeraden .....	52
<b>Abb. 15:</b>	Darstellen der Erschließungswirkung .....	52
<b>Abb. 16:</b>	Das Konzept der Gesamttransportkostenminimierung.....	54
<b>Abb. 17:</b>	Methodik der Optimierung von Nutzungsüberlagerungen .....	65
<b>Abb. 18:</b>	Vergleich der Abteilungsgrößen im GIS mit den Angaben der Forsteinrichtung.....	68
<b>Abb. 19:</b>	Grafische Darstellung der Hangneigungsverteilung im Untersuchungsgebiet.....	70
<b>Abb. 20:</b>	Grafische Darstellung der Wegeverteilung in Hangneigungsklassen .....	71
<b>Abb. 21:</b>	Beispielanwendungen von Reliefanalysen.....	71
<b>Abb. 22:</b>	Höhenschichtenanalyse unter Einsatz eines DGM .....	72
<b>Abb. 23:</b>	Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{BACKMUND}$ ) .....	75
<b>Abb. 24:</b>	Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{TECHNISCH}$ ) .....	76
<b>Abb. 25:</b>	Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{HESSEN}$ ).....	77
<b>Abb. 26:</b>	$RE_m$ im Status quo .....	79
<b>Abb. 27:</b>	Wegedichte und tatsächliche mittlere Rückeentfernung .....	99
<b>Abb. 28:</b>	Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Wanderwege.....	107
<b>Abb. 29:</b>	Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Reitwege.....	108
<b>Abb. 30:</b>	Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Forstlicher Lehrpfad und Trimpfad .....	109
<b>Abb. 31:</b>	Nutzungsüberlagerungen am Beispiel der Reitwege .....	113

## **TABELLENVERZEICHNIS**

<b>Tab. 1:</b>	Ausgewählte technische Parameter für Freizeitwege im Vergleich zu Forstwirtschaftswegen .....	21
<b>Tab. 2:</b>	Kostenstruktur und Aufteilung des Gesamtbudgets für das Jahr 1996 .....	27
<b>Tab. 3:</b>	Digitalisierschlüssel für linienhafte Elemente .....	39
<b>Tab. 4:</b>	Beispiel für die GIS- gestützte Berechnung der REm.....	49
<b>Tab. 5:</b>	Typen der Befragung .....	61
<b>Tab. 6:</b>	Im GIS nicht enthaltene Forstamtsflächen .....	67
<b>Tab. 7:</b>	Vergleich der im GIS enthaltenen Flächen mit den Angaben der Forsteinrichtung .....	68
<b>Tab. 8:</b>	Zuordnung der Flächen des Untersuchungsgebietes zu Hangneigungsklassen.....	69
<b>Tab. 9:</b>	Wegeverlauf je Hangneigungsklasse .....	70
<b>Tab. 10:</b>	Beispiele von Fahrwegedichten ausgewählter Gebiete .....	74
<b>Tab. 11:</b>	Erschließungskennziffern im Status quo .....	80
<b>Tab. 12:</b>	Mehrfacherschließung im Status quo.....	81
<b>Tab. 13:</b>	Ausgewählte technische Parameter für Waldfahrwege .....	82
<b>Tab. 14:</b>	Wegelängen und Wededichten von Freizeitwegen im Stadtwald .....	88
<b>Tab. 15:</b>	Richtwerte für Längsneigungen verschiedener Wegekategorien.....	89
<b>Tab. 16:</b>	Richtwerte für Fahrbahn- bzw. Wegebreiten verschiedener Wegekategorien .....	90
<b>Tab. 17:</b>	Konfliktpotentiale bei der Nutzung von Forstwirtschaftswegen als Freizeitwege .....	92
<b>Tab. 18:</b>	Konfliktpotentiale zwischen den Kategorien der Freizeitwege untereinander .....	92
<b>Tab. 19:</b>	Erschließungskennziffern des Theoretischen Modells.....	96
<b>Tab. 20:</b>	Mehrfacherschließung im Theoretischen Modell.....	100
<b>Tab. 21:</b>	Erschließungskennziffern des Realkonzeptes.....	105
<b>Tab. 22:</b>	Mehrfacherschließung im Realkonzept .....	106
<b>Tab. 23:</b>	Quantifizieren von Nutzungsüberlagerungen: Forstwirtschaftswegen und Freizeitwege .....	111
<b>Tab. 24:</b>	Quantifizieren der Nutzungsüberlagerungen von Freizeitnutzungen .....	112
<b>Tab. 25:</b>	Vergleich der Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung von Mehrfachnutzungen .....	115

## **VORWORT**

Die ersten Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit begannen am Institut für Forstbenutzung des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs der Georg-August-Universität in Göttingen unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Gero Becker. Nach seinem Wechsel an das Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg konnte ich die Arbeiten zur Dissertation in Freiburg weiterführen und im Juli 1999 abschließen.

Ich bin Herrn Prof. Becker zu ganz besonderem Dank verpflichtet, nicht nur wegen der ausgezeichneten Betreuung in allen Phasen der Untersuchung, sondern auch für die vielfältigen fachlichen Anregungen und Hinweise sowie die wertvollen persönlichen Erfahrungen, die ich unter anderem während unserer gemeinsamen Expertentätigkeit in Indonesien sammeln konnte.

Mein herzlicher Dank gilt des weiteren Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Branislav Sloboda, dem Direktor des Instituts für Forstliche Biometrie und Informatik der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie an der Georg-August-Universität Göttingen, der mir über den gesamten Zeitraum meiner wissenschaftlichen Tätigkeit mit freundschaftlichem Rat zur Seite stand und mir unter anderem auch den Zugang zu der notwendigen Hard- und Software ermöglichte. Ihm und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern seines Institutes, des ehemaligen Institutes für Forstbenutzung und des Institutes für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie in Göttingen danke ich ebenso wie den Kolleginnen, Kollegen und Freunden des Institutes für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg für die Unterstützung, die mir bei den verschiedensten Problemen zuteil wurde. Stellvertretend für die Vielzahl der Wissenschaftler, die im kollegialen Umfeld direkt oder indirekt zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beitrugen, seien an dieser Stelle die Herren Dr. Dirk Jaeger, Dr. Reinhold Meyer, Dipl. Geogr. Rainer Schulz, Dipl. Forstwirt Ekkehard Hausknecht, Dipl.-Ing. Johannes Ressmann und Frau Dipl. Forstwirtin Dagmar v. Janowsky genannt.

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde finanziell vom Land Niedersachsen durch die Gewährung eines Promotionsstipendiums nach dem Graduiertenförderungsgesetz unterstützt, wofür ich mich an dieser Stelle bedanken möchte.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Stadtforstamtes in Göttingen, insbesondere dem Forstamtsleiter Herrn FOR Martin Levin, dessen Team mir stets als geduldige, hilfsbereite und diskussionsfreudige Ansprechpartner mit Rat und Tat zur Seite stand.

Wichtige fachliche Hinweise verdanke ich dem Leiter des Niedersächsischen Forstamtes Bovenenden, Herrn FDir. Prof. Dr. Hans-Helmut Höfle.

# **1 EINLEITUNG, PROBLEMDARSTELLUNG UND ZIELSETZUNG**

## ***1.1 Einführung in die Themenstellung***

Die traditionelle Waldnutzung im Rahmen der Forstwirtschaft steht zwischen Naturschutzaspekten einerseits und Gesichtspunkten der Walderholung andererseits in einem zunehmenden Spannungsverhältnis: Während die forstliche Nutzung zwangsläufig mit biotop- und landschaftsverändernden Eingriffen, etwa durch Technikeinsatz und Wegebau im Wald, einhergeht, führen Aspekte des Biotop- und Artenschutzes zu Forderungen nach einer deutlich zurückgenommenen, möglicherweise sogar ganz unterlassenen wirtschaftlichen Nutzung des Waldes durch den Menschen. Ansprüche der Erholung und der Freizeitgestaltung richten sich daneben in zunehmendem Maße auch auf den Wald. Außer traditionellen Erholungsformen wie Wandern oder Spaziergehen gewinnen weitere Freizeitnutzungen mit spezifischen Anforderungen, wie Reiten, Radfahren, Mountainbiking, Langlauf, usw. an Bedeutung. Auch diese Erholungs- und Freizeitnutzung erfordert eine Walderschließung durch Wege, kann jedoch zugleich in Konflikt mit der forstwirtschaftlichen Nutzung geraten.

Stadtnahe Wälder sind in besonderem Maße diesem Spannungsfeld ausgesetzt, da hier alle angesprochenen Aspekte wegen der Nähe des Waldes zum dichtbesiedelten städtischen Raum besonderes Gewicht erhalten und die Konfliktpotentiale damit wachsen.

Die Walderschließung durch Wege stellt nicht nur einen besonders augenfälligen, sondern auch einen ökonomisch bedeutsamen Eingriff dar. Dies gilt nicht nur für die landschafts- und biotopverändernde Bauphase, sondern trifft auch für die laufende Nutzung der Wege sowohl durch den Forstbetrieb als auch durch Erholungssuchende zu. Wege verändern Landschaft und Bestände, haben Einfluß auf Kleinklima und Wasserhaushalt und können damit die Florenzzusammensetzung des Waldes beeinflussen, und sie können schließlich eine biotopzerschneidende Wirkung für eine Vielzahl insbesondere kleinerer Lebewesen bedeuten.

Wege werden aber auch zunehmend zu einem Kostenfaktor für die Forstbetriebe. Ihr Bau und vor allem ihre Instandsetzung und laufende Unterhaltung beanspruchen relativ und vielerorts auch absolut zunehmende Anteile des betrieblichen Budgets. Gleichzeitig kommt es bei einer ungesteuerten Mehrfachnutzung von Waldwegen durch den Forstbetrieb und durch verschiedene Nutzer im Rahmen der Freizeitgestaltung und Walderholung zu latenten und akuten Nutzerkonflikten, die nicht ohne Auswirkung auf das Bild der Forstwirtschaft im öffentlichen Bereich bleiben.

Die genannten Aspekte führen dazu, daß sich vor allem Forstbetriebe mit stadtnahen Waldflächen und insbesondere städtische Forstbetriebe für eine grundsätzliche Überprüfung und ggf. Neustrukturierung ihres vorhandenen, in Jahrzehnten entwickelten Wegenetzes entscheiden. Auf der Basis einer eingehenden quantitativen und qualitativen Analyse der verschiedenen aktuellen und zukünftigen Nutzungen und der damit verbundenen Nutzeransprüche soll das vor-



handene Wegenetz hinsichtlich seiner Dichte (Wegedichte), seiner Ausgestaltung (Wegequalität), seiner Unterhaltungsintensität und seiner Nutzung analysiert und soweit notwendig und machbar optimiert werden. Oberziel ist dabei ein in seiner absoluten Länge geringgehaltenes Wegenetz, welches auf möglichst langen Abschnitten einer gleichzeitigen Nutzung durch Forstbetrieb und verschiedene Nutzergruppen im Freizeit- und Erholungsbereich dienen kann, welches aber andererseits Konflikte durch Linienführung, Ausgestaltung und Konzentration bzw. Entzerrung von Nutzungen soweit wie möglich minimiert. Diese Zielsetzungen werden nicht nur aus Gründen der betrieblichen Kostenersparnis, sondern auch unter dem Gesichtspunkt der Naturschonung verfolgt.

## **1.2 Zielsetzung für die eigenen Untersuchungen**

### **1.2.1 Allgemeine Zielsetzung**

Das Ziel der Untersuchung ist die nutzerspezifische Überprüfung der Eignung des Wegenetzes eines ausgewählten Waldgebietes bzw. Forstbetriebes. Es sind insbesondere die Wege im stadtnahen Erholungswald, die durch eine Überlagerung verschiedener Nutzungsinteressen geprägt sind. Auf der Grundlage einer detaillierten Analyse der vorhandenen Erschließungssituation sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie ein 'optimal' konzipiertes Waldwegenetz, das den Ansprüchen verschiedener Nutzergruppen (z.B. forstliche Bewirtschaftung, sonstige wirtschaftliche Nutzungen, Erholung) gerecht wird, entworfen und praktisch realisiert werden kann. Die Herleitung dieser multifunktionalen Netzoptimierung soll in all ihren Phasen strukturiert, transparent und nachvollziehbar gestaltet werden, um die teilweise recht komplizierten Planungs- und Projektierungsabläufe veranschaulichen zu können und den ständig umfangreicheren Bauplanungs- und Genehmigungsverfahren der zuständigen Behörden Rechnung zu tragen. Damit kann zugleich auch der wachsende Informationsbedarf einer kritisch interessierten Öffentlichkeit befriedigt werden. Diese Ziele sind heute mit konventionellen Planungsmethoden nur unter nicht zu vertretendem Aufwand zu bewältigen. Deshalb soll in der vorliegenden Arbeit beispielhaft ein EDV- gestütztes Planungskonzept auf der Basis eines geographischen Informationssystems vorgestellt werden. Methodik und Ergebnisse können auch z.B. zur Evaluierung und zum Monitoring der Walderschließung im Rahmen eines vom Forstbetrieb angestrebten Zertifizierungsverfahrens nutzbar gemacht werden.

Ein theoretischer Vergleich der Kosten für die Wegeunterhaltung im Rahmen der gegenwärtigen Erschließung mit den Kosten nach der Realisierung der Netzoptimierung soll unter Berücksichtigung der jeweils angewandten Wegeinstandhaltungskonzepte Aufschluß über die ökonomischen Vor- oder Nachteile des Konzeptes geben. Darüber hinaus soll die nutzerspezifische Netzoptimierung Ansatzpunkte für eine eventuelle Kostenbeteiligung externer Nutzer liefern.

### **1.2.2 Arbeitsziele**

Zu den konkreten Zielen der Arbeit gehört erstens die GIS-gestützte Erfassung des bestehenden forstbetrieblichen Wegenetzes sowie der hierbei relevanten erschließungsbedeutsamen Informationen und der Aufbau einer digitalen Datenbasis. Sie bildet die Grundlage für die in der zweiten Phase der Untersuchung folgenden analytischen Arbeiten. Hierbei sollen neben den flächenbezogenen Informationen zur Geographie des Untersuchungsgebietes, zu Forsteinrichtung und Betriebsvollzug, zu Wegen und Grenzen vor allem auch nutzerspezifische Zielgrößen des Forstbetriebes wie beispielsweise Informationen zu Verfahren der Holzernte, der Bestandespflege und der Wegeunterhaltung in das System einbezogen werden. Aufgrund dieser Ausgangsdatenbasis lassen sich die traditionellen Kennziffern der Erschließung - Wegedichte, Wegeabstand, mittlere Rückeentfernung und Erschließungsprozent - ermitteln, wobei eine neue Methode zur GIS- gestützten Herleitung der flächenhaften Erschließungswirkung von Wegenetzen erarbeitet wird und Anwendung findet.

Drittens werden Informationen über nicht - forstbetriebliche Nutzungen, z.B. durch Erholungssuchende, erfaßt und in die digitale Datenbasis eingearbeitet.

Viertens werden die forstbetrieblichen und sonstigen Nutzungen in einem ganzheitlichen, räumlichen Konzept überlagert, zusammengefaßt und optimiert, wobei wirtschaftliche und nutzungstechnische Kriterien herangezogen werden.

Das Ergebnis ist ein optimiertes, multifunktionales Erschließungskonzept, das dem Status quo gegenübergestellt und vergleichend bewertet wird. Hinweise zur praktischen Umsetzung, verbunden mit einer exemplarischen Kalkulation der möglichen wirtschaftlichen Konsequenzen für den Forstbetrieb, bilden den Abschluß der Arbeit.

## **2 DARSTELLUNG DES KENNTNISSTANDES NACH DER LITERATUR**

Im folgenden wird der aktuelle Wissensstand basierend auf themenrelevanter Fachliteratur dargestellt. Im Vordergrund stehen hierbei die für den mitteleuropäischen Raum gültigen Erkenntnisse zur Planung und Projektierung forstlicher Erschließungen sowie zur Gestaltung von Freizeitwegen. Generell ist in der Fachliteratur eine der aktuellen Entwicklung angepaßte Verschiebung der Schwerpunktthemen von rein wegebautechnischen Aspekten hin zu Fragen der Umweltverträglichkeit von Walderschließungsmaßnahmen, der Instandhaltung von Waldwegen, der Optimierung bestehender Erschließungsnetze unter Berücksichtigung von Nutzungsüberlagerungen und des Einsatzes progressiver computergestützter Methoden festzustellen.

### **2.1 Planung und Projektierung von forstlichen Wirtschaftswegen**

Die theoretischen Grundlagen der sich seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelnden Walderschließungslehre sind in den Lehrbüchern von *HAFNER (1971)*, *KUONEN (1983)* und *DIETZ et al. (1984)* umfassend dargestellt.

Die technische Ausgestaltung und die Wirtschaftlichkeit forstbetrieblicher Wegenetze gewinnen im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von Holzernte, Holztransport und Belieferung der Holzindustrie zu integrierten Logistikketten eine immer größere Bedeutung (*BECKER, 1998*).

Aufgrund des technischen Fortschritts, der vor allem auf dem Gebiet der EDV besonders rasch voranschreitet, wurden in den letzten Jahren auch in der Walderschließung neue computergestützte Methoden entwickelt und getestet (*YOUNG 1979; SHIBA et al. 1990; DÜRRSTEIN 1990; JAEGER 1995*). Insbesondere im Rahmen von Planungs- und Projektierungsarbeiten führt die enorme Effektivitätssteigerung durch den Einsatz moderner Meß- und Rechentechnik (Lasermessinstrumente, GPS, Fernerkundung, GIS, CAD, *Digitale Geländemodelle* usw.) bei gleichzeitiger Erhöhung der Ergebnisgenauigkeit dazu, daß diese neuen Elemente auch im Bereich der "klassischen" Walderschließung immer häufiger Anwendung finden.

#### **2.1.1 Klassische Planungsmethoden**

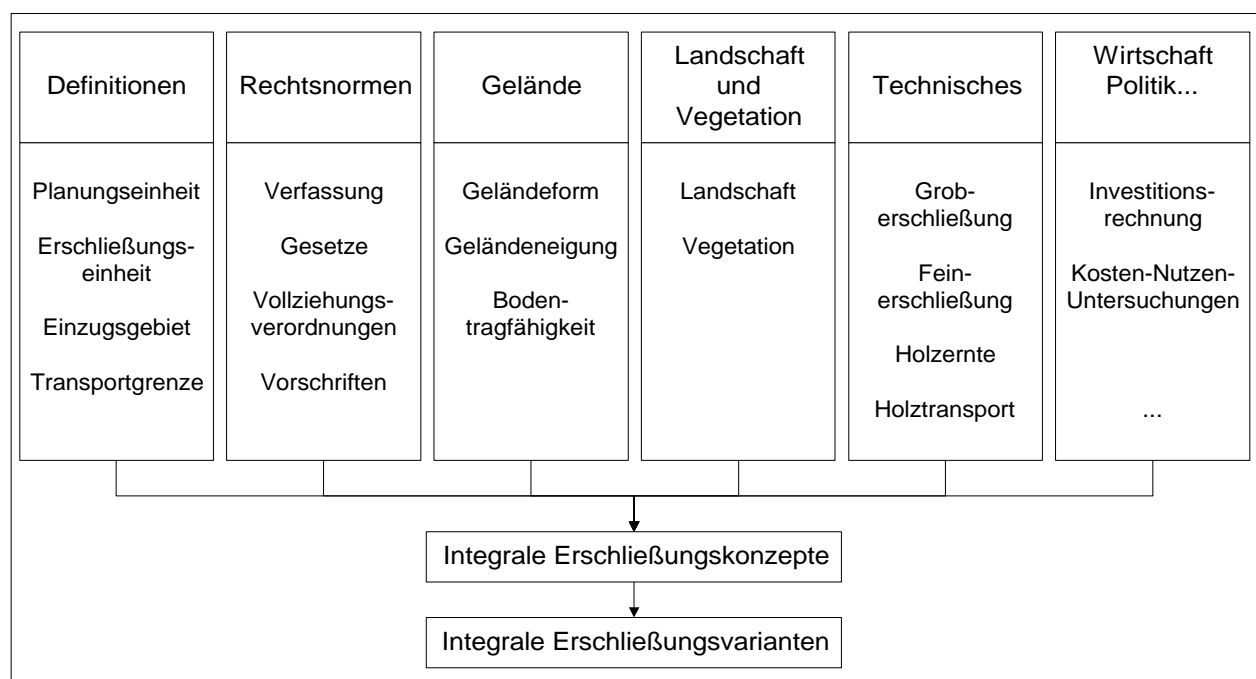
Das Konzept und die Durchführung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung und Holznutzung ist ohne leistungsfähige Systeme der Walderschließung nicht denkbar. Folgerichtig standen konzeptionelle Fragen der Erschließungs- und Projektplanung sowie technologische Fragen des Wegebaus und der Wegeunterhaltung jahrzehntelang im Zentrum forsttechnischer Bemühungen und nahmen sowohl in der Aus- und Fortbildung, wie auch im praktischen Betriebsvollzug einen hohen Stellenwert ein. Heute gelten die Wälder Mitteleuropas als weithin ausreichend erschlossen. Für Planung, Projektierung, Bau und Unterhaltung von Forstwegen sind hochmechanisierte Verfahren und Techniken eingeführt (*BECKER, 1998*).

Das Konzept der konventionellen Planungsverfahren für Walderschließungen, welches sich nach KUONEN (1983) und DIETZ et al. (1984) in die - teilweise nur schwer gegeneinander abgrenzbaren - Komponenten **Erschließungsplanung** und **Projektplanung** gliedern läßt, wurde von JAEGER (1995) zusammenfassend beschrieben (vgl. Abb. 2 und Abb. 3). Er verweist dabei u.a. auf die Unterschiede zwischen analytischer Erschließungsplanung (rechnerisch hergeleitete optimale Wegedichte, s. auch Kap. 3.4.1) und empirischer Erschließungsplanung (Variantenvergleich) und unterstreicht die Bedeutung einer angepaßten Projektplanung trotz des hierbei notwendigen relativ hohen Arbeits- und Zeitaufwandes. Demnach ist es das Ziel der Projektplanung, die im Ergebnis der Erschließungsplanung ausgewählte Variante technisch und ökonomisch bis zur Baureife detailliert zu entwickeln.

HEINIMANN (1997) sieht die Aufgabe der integralen Erschließungsplanung darin, „*Transportsysteme für die Landnutzung zu entwickeln, welche die gesellschaftlichen und individuellen Transportbedürfnisse in einem abgegrenzten Gebiet gesamtheitlich befriedigen.*“

KUONEN (1983) gibt einen Überblick über alle notwendigen Grundlagen der generellen Erschließungsplanung (Abb. 1):

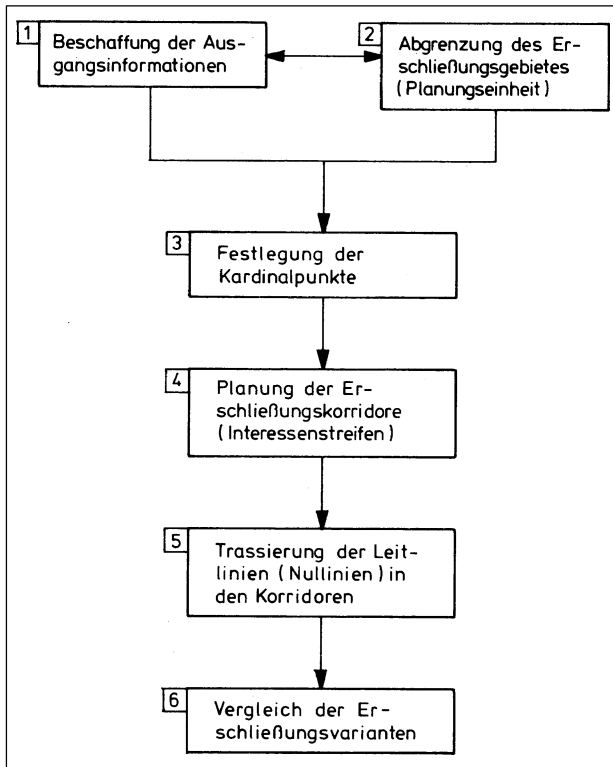
**Abb. 1:** Grundlagen der generellen Erschließungsplanung (KUONEN, 1983)



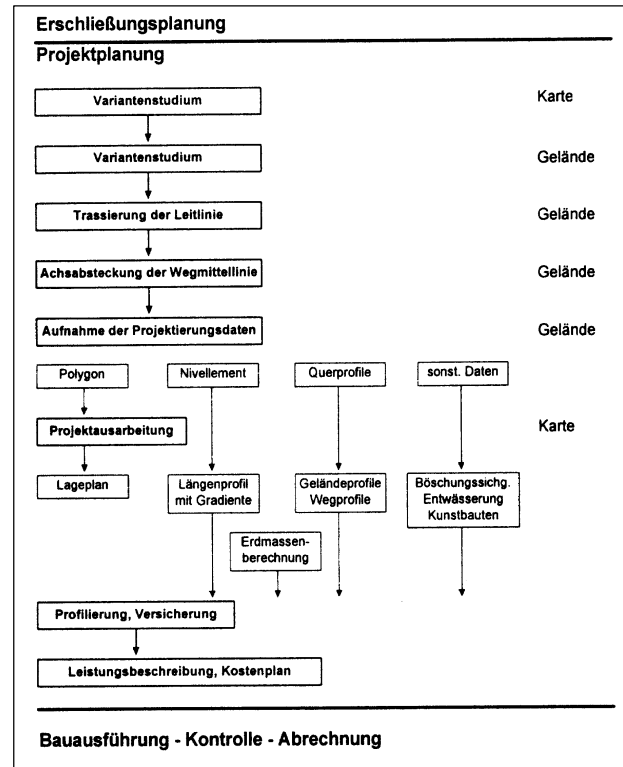
Die im Rahmen der Erschließungsplanung entwickelten Kennziffern Wegedichte, Wegeabstand, mittlere Rückeentfernung und Erschließungsprozent haben sich zur knappen und eindeutigen Charakterisierung von forstbetrieblichen Fahrwegenetzen bewährt (vgl. v. SEGEBADEN 1964; BACKMUND 1966; ABEGG 1978; DIETZ et al. 1984).

In den Abbildungen 2 und 3 wird der Ablauf von Erschließungs- und Projektplanung skizziert:

**Abb. 2:** Ablauf der Erschließungsplanung  
(DIETZ et al., 1984)



**Abb. 3:** Ablauf der Projektplanung  
(JAEGER, 1995)



### 2.1.2 Computergestützte Planungsmethoden für Erschließungsnetze

Die komplexen Planungsaufgaben bei der Optimierung bestehender forstlicher Fahrwegenetze sind mit zufriedenstellendem Ergebnis und unter vertretbarem zeitlichen und finanziellen Aufwand nur unter Einsatz neuzeitlicher, datengestützter Informationstechnologie zu bewältigen (SMALTSCHINSKI *et al.*, 1998). Die Grundlagen bilden universelle geographische Informationssysteme, in denen Geländeinformationen, Geometrien und forstliche sowie allgemeine (ökologische, geologische, geographische usw.) Datenbanken flexibel miteinander verknüpft werden können.

Der Wert computergestützter Planungsmethoden liegt vor allem darin, daß alternative Konzepte der Wegeführung in relativ kurzer Zeit durchgerechnet und einander vergleichend gegenübergestellt werden können (BECKER, 1998).

Computergestützte Planungsverfahren werden vor allem bei der technischen Grobplanung der Erschließungskorridore eingesetzt, gewinnen allerdings zunehmend auch beim Vergleich und der Analyse verschiedener Erschließungsvarianten anhand nicht-technischer Parameter an Bedeutung. JAEGER (1995) gibt einen umfassenden Überblick über die bislang im Zusammenhang mit der Walderschließung eingesetzten EDV-gestützten Planungsverfahren, wobei er für den Bereich der Erschließungsplanung den Einsatz *Digitaler Geländemodelle* (DGM) als grundlegend erachtet.

Während bisher der Einsatz geographischer Informationssysteme vor allem auf die Grobplanung von Erschließungsnetzen ausgerichtet war und die konkrete Projektplanung von Forststraßen eher professionellen Straßen- bzw. Tiefbauprogrammsystemen (z.B. STRATIS®) oder speziell für forstliche Zwecke konzipierter Software (z.B. ROADENG®) vorbehalten war, zeichnet sich nunmehr im EDV-Bereich eine Entwicklung ab, die aufgrund sich ständig erweiternder Funktionalitäten diese Abgrenzung verschwimmen läßt. Es ist durchaus möglich, umfangreichere Erschließungsplanungen (generelle Linienführungen in Form von Erschließungskorridoren oder Leitlinien) mit konkreten Projekten einzelner Teilstrecken (technisch detailliert, z.B. Kurvenradien, Längs- und Querprofile, Erdmassenberechnungen usw.) „aus einer Hand“, d.h. mit einem Werkzeug (GIS, CAD) mit für die Ansprüche der Walderschließung ausreichender Genauigkeit durchzuführen (kombinierte Erschließungs- und Projektplanung).

Die computergestützte Planung der Walderschließung ermöglicht es, die allgemeinen und forstlichen Grundinformationen mit speziellen wegebauplanerischen Aspekten zu kombinieren. Hierbei geht es nicht nur um die bloße Darstellung bzw. Visualisierung von Wegen mit entsprechenden Attributen auf Karten oder Plänen. Vielmehr ist eine interaktive systemgestützte Planung möglich, die durch automatisierten Variantenvergleich anhand technischer und wirtschaftlicher Kennziffern eine iterative Optimierung des Wegenetzes erlaubt (SMALTSCHINSKI *et al.*, 1998).

Darüber hinaus kann das im Rahmen einer computergestützten Optimierungsplanung geschaffene Informationssystem in der operativen Betriebsgestaltung unter anderem dazu genutzt werden, um Informationen zu Lagerort, Lagermenge und Zeitpunkt der Bereitstellung des Holzes an der Waldstraße mit überregional bereits vorhandenen GPS-gestützten Navigationssystemen zu verknüpfen und somit Holzkäufer und Transportunternehmer zeitnah über die notwendigen Daten, einschließlich der günstigsten Wegstrecke, zu informieren (BECKER, 1998).

## **2.2 Freizeitwegenetz**

Um eine Antwort auf die Frage nach der notwendigen Qualität von Wegen, der Zielwegedichte und den Überlagerungsmöglichkeiten verschiedener Freizeitnutzungen zu erhalten, muß eine nutzerspezifische Bedarfsanalyse der verschiedenen Freizeitwegekategorien erfolgen. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Bedarfsanalyse auf zwei Wegen durchgeführt: Einerseits wurde die verfügbare Fachliteratur hinsichtlich relevanter Informationen ausgewertet, der zweite Weg bestand in der direkten Befragung ausgewählter Vertreter verschiedener Nutzergruppen in bezug auf ihre Präferenzen. Im folgenden wird zunächst der aktuelle Kenntnisstand zur Thematik von Freizeitwegen, basierend auf der Sichtung der einschlägigen Fachliteratur, zusammengefaßt.

Freizeitwege werden in der Fachliteratur häufig im Rahmen der Erholungswaldthematik erwähnt. Über die Bedeutung der Freizeitwege, insbesondere in stadtnahen Waldgebieten, herrscht weitestgehend Übereinstimmung. Sie sind die wichtigsten Erholungseinrichtungen im Walde.

Während hinsichtlich des Ausbauzustandes (qualitative Parameter, wie z.B. Dimensionierung, Oberflächenbeschaffenheit, Lage in der Landschaft, Markierung usw.) konkrete Vorstellungen seitens der verschiedenen Nutzer der Freizeitwege formuliert und in vielen Fällen bereits realisiert wurden, existieren demgegenüber verhältnismäßig wenige Hinweise zu quantitativen Parametern (Zielwegedichte).

### **2.2.1 Wanderwege (incl. Waldsport- und Lehrpfade, Skiwanderwege und Loipen)**

Zahlreiche Veröffentlichungen der letzten Jahre beschäftigen sich mit der Thematik der Wanderwege. Dabei wird dieser Komplex aus verschiedenen Blickwinkeln heraus beleuchtet. Mit der wachsenden Bedeutung der aktiven Erholung im Wald gewinnen Aspekte der baulichen Planung und der technischen Ausgestaltung von Wanderwegenetzen ebenso an Bedeutung wie rechtliche Fragen der Wegeunterhaltungslast und der Verkehrssicherungspflicht.

SCHMITT (1981) definiert den Wanderweg als zusammenhängende, in der Regel markierte Wegstrecke, die dem Wandern zu Fuß dient und entweder von einem Punkt zu einem anderen (Zielwanderweg) oder zum Ausgangspunkt zurückführt (Rundwanderweg). „Als Wanderweg im engsten Sinne können befestigte Wege gelten, die von zwei Personen nebeneinander began-

gen werden können. Zu den Wanderwegen im weitesten Sinne können grundsätzlich auch Wald-, Wasser-, geologische und archäologische Lehrpfade sowie Trimpfpfade gerechnet werden.“ (SCHMITT, ebenda)

PORTNER (1996), der sich im Auftrage des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft mit der Haftung für Unfälle auf Wanderwegen näher befaßte, sieht die Hauptfunktion der Wanderwege in der Erschließung von zur Erholung geeigneten Gebieten, schönen Landschaften (Aussichtslagen, Ufern usw.), kulturellen Sehenswürdigkeiten, Haltestellen des öffentlichen Verkehrs sowie touristischen Einrichtungen.

Beide Autoren stehen mit ihrer Meinung stellvertretend für das in der Literatur gegenwärtig vorherrschende Verständnis von Begriff und Funktion der Wanderwege.

In der vom NIEDERSÄCHSISCHEN MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1994) herausgegebenen Merkblattsammlung über Erholungseinrichtungen im Walde wird unter anderem auf den engen Zusammenhang zwischen Wanderwegen und forstlichen Wirtschaftswegen hingewiesen: „Ggf. noch erfolgende Neuplanungen forstlicher Wirtschaftswege sollten bei der Festlegung der Trassen die künftige Doppelfunktion als Wirtschafts- und Spazierweg mit berücksichtigen.“ Demnach sei es dort gerechtfertigt, Fußwanderwege zusätzlich zu den bereits bestehenden Wirtschaftswegen anzulegen, „... wo stärkerer Besucherverkehr an landschaftlich attraktive und unempfindliche Bereiche wie Wiesentäler, Waldränder, Talsperren, schöne Aus-sichten, besondere Bestände oder Baumgruppen herangeführt oder wo zur Verbindung vorhandener Forstwege ein Rundwanderweg geschlossen werden soll. Das gilt ebenso für Fußwege als Zubringer von Parkplätzen zum Wanderwegenetz, als Zubringer zu Aussichtsplätzen und als sogenannte Wanderschutzwege entlang stark befahrener Straßen.“ (NDS. MELF, ebenda)

DOBLER (1973) bemerkt zur gleichen Thematik, daß man bei der Ausarbeitung eines Rundwegenetzes in erster Linie versuchen sollte, vorhandene Wald- und Feldwege zu verknüpfen. Die vielfach vertretene Ansicht, daß die „kultivierte Landschaft“ zugleich auch die „beste Erholungslandschaft“ sei, träfe hier sicherlich zu. „Ohne eine vorhandene Grunderschließung durch forst- und landwirtschaftliche Wirtschaftswege wären für die Feinerschließung einer Erholungslandschaft Planungen und Investitionen ganz anderer Größenordnung erforderlich.“ (DOBLER, ebenda)

Der Ausbaustandard von Wanderwegen wird durch mehrere Parameter charakterisiert. Die Empfehlungen verschiedener Autoren hinsichtlich Wegelänge und -breite, Oberflächenbeschaffenheit, Längsneigung, Entwässerung und Markierung unterscheiden sich nur wenig voneinander. Stellvertretend hierfür wird in der bereits zitierten Merkblattsammlung des NDS. MELF (1994) vorgeschlagen: „Die Deckschicht sollte auf stärker begangenen Wegen auch mit leichtem Schuhwerk gut begehbar sein. Feineres Material (Größtkorn nicht über 15 mm) müßte dort zusätzlich aufgebracht werden, wo die Fahrbahnoberfläche zu grob ist. Um den Spazierweg



*stets trocken zu halten, ist ein ausreichendes Querprofil zu erhalten. Reine Fußwanderwege sollten zur Abführung des Oberflächenwassers eine gewölbte Wegeoberfläche bzw. ein leichtes talseitiges Quergefälle haben. Die Wegbreite sollte in der Regel 2 m nicht unterschreiten. Eine maschinelle Wegeinstandhaltung ist erst ab 3 m möglich. Nach dem Planieren und Verdichten sind vorhandene Unebenheiten mit korngestuftem Material auszufüllen. Bei Bedarf ist zu befestigen. In der Regel wird sich hierfür ein Material 0 - 30 mm anbieten. Die Standfestigkeit muß für eine maschinelle Wegeinstandhaltung, einschließlich Schneeräumen, ausreichen. Reine Fußwege sollten in der Regel nicht als Holzrückewege benutzt werden.“*

Hinsichtlich der Länge von Wanderwegen nennt SCHMITT (1981) als Grenze etwa 10 km, wobei dieser Wert sowohl für Zielwanderwege, als auch für Rundwanderwege Gültigkeit besitzt.

In der Schweiz wurde eine detailliertere Kategorisierung der Wanderwege gewählt (BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT, 1992). Man unterscheidet zwischen Spazierwegen und Wanderwegen im engeren Sinne und ordnet der jeweiligen Kategorie die folgenden Merkmale zu:

#### „Spazierweg - Merkmale

- Neigung: in der Regel bis 10%, ausnahmsweise bis 15%
- Breite: 0,8 bis 2 m
- Wegoberfläche: Naturbelag aus Mergel, Kies, Sand, Splitt etc.
- Entwässerung: ein- oder beidseitige Querneigung
- Markierung: unterschiedlich

*Eine Deckschicht aus Mergel, Kies, Sand, Splitt oder dergleichen wird einem Hartbelag vorgezogen, auch wenn dadurch das Befahren mit Rollstuhl oder Kinderwagen erschwert wird. Die Breite des Spazierweges ist so festgelegt, daß zwei bis drei Personen nebeneinander gehen können.*

#### Wanderweg - Merkmale

- Neigung: ohne Stufen bis ca. 20%, mit Stufen bis zu 100%
- Breite: gering; ab 30 cm
- Wegoberfläche: Naturboden, evtl. lokal mit Kies bedeckt
- Entwässerung: via Linienführung; lokal Entwässerungsgraben / Querschläge
- Markierung: gelb

*Je nach Nutzung ist der Wanderweg oft nur einspurig, d.h. verhältnismäßig schmal. Höhenunterschiede werden mit steileren Zwischenstücken, allenfalls mit Stufen überwunden. Die Wegoberfläche besteht aus natürlichen Materialien. Manchmal genügt das gewachsene Terrain; gelegentlich jedoch wird die Oberfläche etwas stabilisiert oder eingekiest. Bewährt hat sich eine ton/wassergebundene Deckschicht, die aber stets kleinere Unebenheiten aufweist. Hartbeläge - wie Beton oder Asphalt - sind unerwünscht.“ (BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT, ebenda)*

Zum Ausbaustandard von Wanderwegen sind des weiteren Aspekte der Linienführung und der allgemeinen Ausgestaltung hinzuzurechnen. Landschaftlich interessant geführte Wanderwege mit abwechslungsreichen Begleiteinrichtungen und attraktiven Wanderzielen übernehmen die Funktion von „Leitlinien“, denen der Besucher gerne folgt (DOBLER, 1973).

Empfindliche Biotope, Schutz- und Ruhebereiche sind zu umgehen. Diesem Aspekt kommt eine große Bedeutung bei der gezielten Lenkung von Besucherströmen zu. Somit kann z.B. den berechtigten Interessen der Wildbewirtschaftung Rechnung getragen werden, indem die Wildeinstände und Äsungsflächen nicht berührt oder durchschnitten werden.

DOBLER (1973) nennt als konkrete Beispiele für eine landschaftlich reizvolle Linienführung den Wegeverlauf auf Höhenrücken, an der Hangkante oder in Halbhöhe (Aussicht), an der Wald/Feldgrenze oder in Wiesentälchen.

Unter Berufung auf seine Erfahrungen aus dem Frankfurter Stadtwald beschreibt RUPPERT die Ansprüche der Erholungssuchenden mit den Worten: *„Waldbesucher wollen nicht zu breite Wege, sondern auf gefälligen, sich schlängelnden Wegen wandern, die ihnen eher als breite Bahnen das Gefühl des Alleinseins geben.“* (RUPPERT, 1960)

MEIERHOFER UND ZUMBERHAUS (1992) verweisen darauf, daß die Linienführung neben dem Erlebniswert auch die Kosten wesentlich beeinflusst: *„Durch eine geeignete Linienführung können oft teure Bauten und aufwendige Unterhaltsarbeiten vermindert oder gar vermieden werden.“*

Auffallende und hohe Wegeböschungen nach Wegeneu- bzw. -ausbauten sind in bevorzugten Wandergebieten gegebenenfalls mit standortsgerechter und heimischer Kraut- und Strauchflora zu begrünen. Böschungen sollten so flach angelegt werden, daß sie beim jeweiligen Material nicht nachrutschen oder abbröckeln. Böschungsfuß und -schulter sind abzuflachen oder abzurunden (NDS. MELF, ebenda). Es wird dazu geraten, an geeigneten Stellen Ausblicke in Täler und auf andere interessante Landschaftsteile anzulegen und offenzuhalten (möglichst an steileren Hängen, Geröllhalden, vorspringenden Geländenasen usw.) (NDS. MELF, ebenda).

Hinsichtlich der Planung und Bezeichnung von Wanderwegen wird eine möglichst enge Zusammenarbeit mit den örtlichen Wander- und Verkehrsvereinen sowie Waldeigentümern angeraten (NDS. MELF, 1994).

SCHMITT (1981) beschäftigt sich unter anderem auch mit der Wegebaulast an Wanderwegen. Er kommt zu dem Schluß: *„Die Forstverwaltungen berücksichtigen in stark zunehmendem Maß die Erholungsfunktion des Waldes. Nicht nur für größere Wegenetze und für Gebirgswege, sondern auch für die Befriedigung des Bedarfs an Wanderwegen überhaupt reichen persönliche Initiative und Sachmittel von Verwaltungsträgern allerdings nicht aus. Wege, die von Verwaltungsträgern angelegt werden, dienen schon aus finanziellen Gründen der Erholung und dem Wandern in der Mehrzahl nur neben anderen Hauptfunktionen wie Verkehrsverbindung und Erschließung. Diese Hauptfunktionen bestimmen Trassenführung und Ausstattung der Wege. Als Bei-*

*spiel seien Forststraßen genannt, die zwar auch dem Wandern dienen, für die gezielte Einbeziehung in ein Wanderwegenetz aber nicht sehr geeignet sind. Forststraßen müssen mit Lastkraftwagen und schweren Arbeitsmaschinen befahrbar sein und verlaufen dementsprechend gestreckt und ohne enge Kurvenradien und stärkere Steigungen. Da größere Waldflächen erschlossen werden müssen, werden Landschaftsteile mit starkem Relief und dementsprechend großem Erholungswert meist umgangen. Der Straßenbelag ist notgedrungen meist geschottert und demnach zum Wandern weit weniger geeignet als bloß verdichteter weicher Waldboden. Die Forstverwaltungen können also den Bedarf an Wanderwegen nicht nebenbei decken, sondern müßten jeweils besondere Wege und Wegenetze zusätzlich anlegen. Hierzu sind sie freilich überwiegend weder personell noch finanziell hinreichend ausgestattet, ausgenommen einige Forstämter mit besonderen Aufgaben, wie z.B. das Nationalpark-Forstamt Bayerischer Wald sowie Forstverwaltungen einiger Großstädte. Als Baulastträger sind dagegen Wander- und Erholungsflächen-Vereine eher geeignet.“*

In der vorliegenden Arbeit werden Waldsportpfade und Lehrpfade, in Anlehnung an die von SCHMITT (1981) vorgeschlagene Definition, den Wanderwegen zugeordnet.

**Der Waldsportpfad**, häufig auch als Trimpfad oder Vita-Parcours bezeichnet, besteht aus einer Waldlaufstrecke mit Übungsstationen, die Interessenten jederzeit kostenlos benutzen können. *„Er verbindet körperliche Betätigung mit dem Erlebnis in gesunder Umwelt. Menschen jeden Alters und Geschlechts, gesundheitlich geschädigte und Gesunde, sportlich trainierte und untrainierte Menschen können hier in freier Wahl des Tempos und der Häufigkeit der Übungen spielerisch Sport treiben, ohne einem Sportverein angehören zu müssen. Der Sportpfad ermöglicht auch die Möglichkeit zu menschlicher Begegnung.“* (NDS. MELF, 1994)

Den Zweck des Waldsportpfades sieht BARTLAU (1978) im sinnvollen Körpertraining: *„Mittels Wegführung, Parcours unterschiedlicher Länge und Steigungen und Geräten verschiedener Schwierigkeitsgrade sollen die einzelnen Muskelgruppen und Teile des Bewegungsapparates dosiert belastet werden.“*

VOLK (1978) befaßte sich erstmals detailliert mit der Struktur und der Intensität der Nutzung von Waldsportpfaden. In seiner Untersuchung kam er zu dem Ergebnis, daß die Forstverwaltung von einer nennenswerten Gruppe ausgehen kann, die den Wald als Freiraum für sportliche Betätigung schätzt. Fast zwei Drittel der Waldsportler benutzen nach den Erkenntnissen von VOLK (*ebenda*) die Trimpfpfade als Laufstrecken; Waldwege oder Strecken quer durch das Gelände sind weniger beliebt.

In bezug auf den Bedarf an Waldsportpfaden, ihren Standort, die Linienführung und die Oberflächenbeschaffenheit gelten in Niedersachsen die Empfehlungen des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (NDS. MELF, 1994). Es wird darauf hingewiesen, daß vor Anlage von Waldsportpfaden kritisch zu prüfen ist, ob wirklich ein Bedarf besteht oder ob etwa das örtliche Freizeitsportangebot die Interessen bereits weitgehend abdeckt. Des weiteren heißt es:

*„Der Sportpfad muß über öffentliche Straßen und von einem größeren Parkplatz aus leicht erreichbar sein. Die Geräuschzonen stark befahrener Straßen sind möglichst zu meiden, ebenso Gelände mit natürlichen Gefahrenquellen wie Steinbrüche, Steilböschungen u.a.. Zu bevorzugen sind landschaftlich reizvolle Waldgebiete. Ungeeignet sind großflächige unübersichtliche Dickungen. Hinsichtlich der Gestaltung des Sportpfades verlangt jeder Standort seine eigene Lösung, da die Waldbestockung, das Gelände, die Bodenart und der Benutzerkreis sehr verschieden sein können. Der Sportpfad ist grundsätzlich als Rundweg anzulegen, möglichst ohne eintönige Geraden und scharfe Knicke. Die Linienführung muß sich dem geplanten Übungsprogramm und dem Gelände anpassen. Der Beginn des Pfades sollte möglichst eben sein, um ein leichtes Warmlaufen zu ermöglichen. Im weiteren Verlauf sind einige Gefällstrecken bzw. Steigungen erwünscht. An den Übungsstationen sollen jeweils genügend große Freiflächen vorgesehen werden, damit hier auch größere Gruppen gleichzeitig turnen können.“ (NDS. MELF, ebenda)*

Eine geschlängelte und übersichtliche Linienführung ist nach LÖFFLER (1973) ein wichtiger Gesichtspunkt, um die Strecke interessanter zu gestalten. Seiner Meinung nach muß der Sportpfad nicht unbedingt tief in den Wald hinein führen, da Waldrandzonen durch ihre landschaftlichen Reize oft schon beste Voraussetzungen bieten. LÖFFLER (ebenda) hält eine Breite von mindestens 1,50 m für notwendig, damit die Pfadbenutzer einander ungehindert überholen können.

Die Länge eines Waldsportpfades sollte nach der übereinstimmenden Meinung verschiedener Autoren nicht unter 1000 und nicht über 4000 m betragen. AMMER et al. (1973) begründen dies damit, daß bei einer zu kurzen Streckenführung die läuferischen Anforderungen ungenügend sind, die Anzahl der Übungen zu gering ist oder sie in zu kurzen Abständen erfolgen. Andererseits würde eine zu lange Strecke unter Umständen dazu führen, daß aus Resignation der gesamte Parcours nicht mehr durchlaufen wird. Als Ideal hat sich etwa ein Maß zwischen 2000 und 3000 m herausgebildet, wobei die Strecke außerdem einige (2 - 6) Steigungen oder Gefällsabschnitte enthalten sollte (AMMER et al., ebenda).

Während LÖFFLER (1973) der wetterfesten Pfadoberfläche stets den Vorrang gewährt, um eine möglichst witterungsunabhängige Benutzung zu ermöglichen, wird in den Merkblättern des niedersächsischen MELF (1994) empfohlen, den Pfad soweit wie möglich über natürlichen Waldboden zu führen. Günstig für die Anlage von Waldsportpfaden sind Sandböden oder Böden mit einer mäßigen Rohhumusauflage. Auf zur Vernässung neigenden Böden empfiehlt sich eine leichte Befestigung des Pfades mit feinkörnigem Kies, Splitt oder Grus, wobei das Gesteinsmaterial nicht lose auf der Oberfläche liegen darf. Die Ableitung des Oberflächenwassers ist durch ein ausreichendes Quergefälle abzusichern.

AMMER et al. (1973) fassen die Aspekte der Oberflächenbeschaffenheit von Waldsportpfaden wie folgt zusammen: *„Der Boden muß so beschaffen sein, daß keine Verletzungen auftreten können. Tiefe Fahrrinnen, Wurzeln oder Baumstümpfe, insbesondere bei Hindernisläufen oder Springstrecken, sind gefährlich. Die beste Voraussetzung bietet der natürliche Waldboden, wobei allerdings beachtet werden muß, daß bei starker Benutzung und ungünstigen Witterungsverhältnissen die Bahn häufig sehr rasch schadhaft wird. Hierbei ist von Fall zu Fall zu entscheiden, inwieweit durch Pflegemaßnahmen (Beschichten mit Sand) oder durch eine Verlegung des Pfades Abhilfe geschaffen werden kann.“*

Hinsichtlich der Überlagerungsmöglichkeiten verschiedener Nutzungen weist LÖFFLER (1973) darauf hin, daß forstliche Nebenwege als Pfadtrassen mitverwendet werden können, Hauptwege dagegen in der Regel ausscheiden, insbesondere, wenn der Weg auf eine längere Strecke mitbenutzt werden soll. Er vertritt die Ansicht, daß eine empfindliche Störung des Forst- und Jagdbetriebes dann erwartet werden muß, wenn der Pfad auf größerer Strecke über Holzabfuhrwege führt oder Wildeinstände bzw. Wildaustrittsflächen berührt. Auch eine Doppelfunktion für verschiedene Erholungsaktivitäten, wie z.B. Sportpfad/Wanderweg, sind jedenfalls auf größerer Strecke zu vermeiden (LÖFFLER, ebenda).

Der Anlage von Waldsportpfaden sollte nicht nur eine gründlichen Analyse des zu erwartenden Benutzerkreises vorausgehen, sondern der Bau darf nur dann durchgeführt werden, wenn auch eine ständige Unterhaltung gesichert ist (VOLK, 1978). Waldsportpfade sollten in Zusammenarbeit mit der örtlichen Kur- oder Fremdenverkehrsverwaltung erstellt werden (NDS. MELF, 1994). Der Unterhaltungsaufwand an den Sportpfaden ist verhältnismäßig gering, wenn solide gebaut wurde (LÖFFLER, 1973). Notwendige Maßnahmen zur Pflege von Waldsportpfaden sind im wesentlichen das Zurückzuschneiden der Randbewachsungen, die Instandhaltung der Wegeoberfläche und die Kontrolle der Geräte. Hierbei sollten sich Bürger und Sportvereine für einen einwandfreien Zustand mitverantwortlich fühlen (GABLER, 1973).

Nach VOLK (1978) ist es zweckmäßig, zu Beginn und an geeigneten Punkten der Laufstrecke Tafeln anzubringen, die den ungeübten Sportpfadbenutzer auf die Grenzen seines Leistungsvermögens hinweisen und ihn so von schädlichem Ehrgeiz abhalten.

**Der Lehrpfad** dient dazu, dem Waldbesucher Schönheit, Vielfalt und Zusammenhänge der ihn umgebenden Natur anschaulich nahezubringen. Die Bedeutung des Waldes für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen sollte besonders hervorgehoben werden (NDS. MELF, 1994). Naturpfade mit speziellen Themen, wie z.B. Waldsterben, Vogelschutz, Fischerei, Botanik, Geologie und Bergbau, können angelegt werden, wenn hierfür die natürlichen, lagemäßigen und fachlichen Voraussetzungen sehr gut sind (NDS. MELF, ebenda).

In der Merkblattsammlung „Erholungseinrichtungen im Walde“ des NDS. MELF (1994) werden folgende Empfehlungen gegeben: *„Lehrpfade sollten in unmittelbarer Nähe größerer Ortschaften oder an stark besuchten Ausflugszielen liegen. Gute natürliche Voraussetzungen bieten*

*Waldteile, die besonders abwechslungsreich durch ihre Geländegestalt, Geologie, Pflanzenwelt, Baumartenzusammensetzung, Bestandesalter und Waldaufbauformen sind. Ausblicke in die offene Landschaft, Gewässer, geologische Aufschlüsse und kulturgeschichtlich interessante Fundorte erhöhen die Eignung. Der etwa 2 km lange Rundweg sollte die landschaftliche Vielfalt erschließen und so ausgebaut werden, daß er bei jeder Witterung auch von älteren Menschen und Familien mit Kinderwagen bequem und sicher zu begehen ist. Der Naturpfad muß an Waldparkplätze und an das Wanderwegenetz angeschlossen werden.“*

### **2.2.2 Reitwege**

Die Problematik der Reitwege ist durch die in den letzten Jahren stetig steigende Bedeutung des Reitens als Freizeitbetätigung auch in der Fachliteratur häufig diskutiert worden. Man erkannte frühzeitig, daß gerade das Reiten im Wald zu Konflikten mit anderen Waldbesuchern führen kann. Nur durch eine umfassende Wegenetzplanung wird es möglich, diese Konfliktsituationen zu lokalisieren und mit geeigneten Maßnahmen zu entschärfen. Im Rahmen einer solchen Gesamtkonzeption für ein Waldgebiet sind neben dem Bedarf an Reitwegen solche Räume zu bestimmen, in denen der Reitbetrieb mit den anderen Erholungsarten und den Schutz- und Nutzfunktionen des Waldes in Einklang gebracht werden kann. Auf diese Weise sollte gegenseitigen Belästigungen und Schädigungen vorgebeugt werden (Nds. MELF, 1994).

MÖßMER et al. (1977) beschäftigten sich im Rahmen einer Modellplanung für die stadtnahen Erholungswaldungen Münchens eingehend mit der Gestaltung von Reitwegen. Nach Ansicht der Autoren ist es aufgrund der großen Konkurrenz um die stadtnahen Erholungswaldungen und ihre Infrastruktureinrichtungen (Wege etc.) durch die verschiedensten Gruppen von Erholungssuchenden unvermeidlich, ab einer gewissen Pferdedichte die Reiter auf bestimmte Wege festzulegen. Die Planung muß von der Überlegung ausgehen, daß in der Folge der Ausweisung von Reitwegen ein attraktives und hochbelastbares Streckennetz entstehen soll, durch das die überwiegende Mehrheit der Freizeitreiter angezogen wird (MÖßMER et al., ebenda).

In der gleichen Studie wird vorgeschlagen, das Reitwegenetz aufzuteilen in ganzjährig bereitebare ausgebaute Reitwege, welche jederzeit kürzere Ausritte, unabhängig von Wetter und Bodenverhältnissen, erlauben und nicht ausgebaute Reitwege, die als wichtige Ergänzung längere Anritte ermöglichen und außerdem zusätzliche Variationsmöglichkeiten und kürzere Rundritte bieten. MÖßMER et al. (ebenda) leiten die Länge eines ausgebauten Reitwegenetzes anhand folgender allgemeingültiger Überlegungen her: *„Der Reiter benötigt bei einer Anmarsch- und Heimrittstrecke von 3 - 6 km zusätzlich für das Lösen des Pferdes im Schritt, Trab und Galopp rd. 4 km und als Auslaufstrecke rd. 1,5 km. Zählt man eine ausreichend lange Belastungsstrecke von 5 km dazu, so benötigt der Freizeitreiter - er legt im Durchschnitt 250 m in der Minute zurück - für den Ausritt eine Stunde. Bei einem zweistündigen Ausritt kann sich die Belastungsphase auf rd. 15 km verlängern. Das ausgebaute Wegenetz sollte daher für ein- bis zweistündi-*

*ge Ausritte eine Länge von rund 15 - 25 km haben, die echte Reitstrecke (ohne Anmarsch) rund 10 - 20 km. Um eine Überlastung der Reitstrecke und damit sehr hohe Unterhaltungskosten zu verhindern, kann in Übereinstimmung mit den Erfahrungen aus dem Aachener Stadtwald als Richtwert 100 lfm ausgebauter Reitstrecke für jedes im betreffenden Einzugsgebiet zu berücksichtigende Pferd angenommen werden.“*

Hinsichtlich der Reitwegbeschaffenheit stützt sich die Studie von *MÖBMER et al. (ebenda)* auf die von der Deutschen Reiterlichen Vereinigung formulierten Anforderungen, wonach das Reiten eine elastische aber trittfeste und flachgründige Oberfläche erfordert. Auch bei Regen darf sich die Trittfestigkeit nicht wesentlich ändern, damit der Reitweg witterungsunabhängig benutzt werden kann, d.h. Wasser muß gut abgeleitet werden. Viele natürlich gewachsene Böden entsprechen bei intensiverem Bereiten nicht diesen Forderungen. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit ist deshalb eine Reitwegbefestigung erforderlich, deren Aufbau in Form einer Trag- und einer Tretschicht von *MÖBMER et al. (ebenda)* detailliert beschrieben wird. Als geeignetes, nicht bindiges Material für die Tretschicht wird Sand verschiedener Körnungen empfohlen, der in einer Stärke von ca. 14 cm und einer Breite von 2 m aufgebracht werden sollte.

Ähnliche Hinweise in bezug auf den Ausbaustandard von Reitwegen werden in Niedersachsen gegeben: *„Die Decke des Reitweges soll aus weichem Material bestehen, gut drainieren, möglichst erosionsfest sein und nicht stark stauben. Geeignet sind mittlere und grobe Sande oder kornabgestuftes Material. Störende Stubben, Wurzelschlingen und grobe Steine sollten entfernt werden.“ (NDS. MELF, 1994).* Als ungünstig und für Pferde teilweise gefährlich werden an gleicher Stelle längere Steilstrecken, steinige, bindige oder nasse Böden, Geröllflächen und ebenso sumpfige Stellen eingestuft. Es wird empfohlen, Reitwege in einer Breite von 2,50 bis 3,0 m anzulegen, Galoppstrecken möglichst noch breiter. Dadurch werden maschinelle Anlage und Pflege der Wege sowie ungehindertes Begegnen und Nebeneinanderreiten möglich. Zu schmale Reitwege, die nur in einer Spur beritten werden können, haben einen erhöhten Verschleiß. Wo Verbreiterungen nur mit hohem Aufwand herzustellen sind - z.B. in Hanglage - genügt für Langsamstrecken auch eine Ausbaubreite von 1 m. Über dem Reitweg ist auf voller Breite eine lichte Höhe von mindestens 3 m erforderlich; dabei ist zu beachten, daß lange Äste unter Schneelast wesentlich tiefer hängen (*NDS. MELF, ebenda*).

Eine möglichst unauffällige Einbindung des Reitweges in das Landschaftsbild kann laut *MÖBMER et al. (1977)* durch das Anpflanzen von Hecken, Sträuchern und Bäumen, das Abdecken der Wegränder mit Rinde oder Erde, das Erhalten der Traufbäume u.a. erreicht werden. Stärkere Unebenheiten des Geländes werden nicht wie beim Straßenbau egalisiert.

Breite, möglichst leicht ansteigende, bis zu 1 km lange Galoppstrecken können abwechseln mit schmalen Strecken unregelmäßigen Verlaufs. Kurze Steilhänge und flach ausgezogene Furten durch Gräben oder Bäche erhöhen den Reiz der Reitwege (*NDS. MELF, 1994*).

Ein ganz wichtiger Punkt ist die Pflege der Wege. *MÖßMER et al. (1977)* weisen darauf hin, daß immer genügend Tretschichtmaterial auf der verdichteten Tragschicht sein muß, damit der Pferdehuf diese nicht beschädigen kann. *„Das bedeutet, daß je nach Reitintensität mehr oder weniger oft mit einem Profiliergerät das lockere Material wieder in die Wegmitte gebracht wird. Von Zeit zu Zeit muß das verlorengegangene Material ersetzt werden.“* Hinzu kommen Maßnahmen wie das Beseitigen hereinwachsender Äste und die Kontrolle der vollständigen und eindeutigen Beschilderung der Reitwege. Diese Kontroll- und Pflegearbeiten werden zweckmäßigerweise vertraglich den Reitervereinen o.ä. übertragen (*NDS. MELF, 1994*).

Im Hinblick auf konfliktträchtige Überschneidungen mit anderen Wegenutzungen empfehlen *MÖßMER et al. (1977)*, bei der Wahl der Trasse in enger Zusammenarbeit mit dem Forstamt Belange des Naturschutzes, der Waldbewirtschaftung (Holzbringung) und des Landschaftsschutzes zu berücksichtigen. Stark frequentierte Erholungsschwerpunkte sollten grundsätzlich umgangen werden. Wo dies nicht möglich ist, verlaufen die Reitwege nur auf solchen Trassen, die genügend Platz bieten, um sie deutlich vom Spazierweg absetzen zu können.

In der Merkblattsammlung über Erholungseinrichtungen im Walde des *NDS. MELF (1994)* wird eine gemeinsame Reitwegenetzplanung mit den benachbarten Besitzern, mit am Freizeitreiten interessierten Gruppen, Reiterhöfen, der Gemeinde und der unteren Verkehrsbehörde angeraten. Gegebenenfalls könnte eine Koordination durch Landkreise oder Träger von Naturparks erfolgen. Für größere vielberittene Waldgebiete sollten Reitwegekarten herausgebracht oder vorhandene Reitwege in Wanderkarten übernommen werden. Man behält sich das Recht vor, mit Rücksicht auf die übrigen Erholungssuchenden und um Schäden an den Wegen zu vermeiden, Fahrwege für Reiter zu sperren (*NDS. MELF, ebenda*).

In der gleichen Quelle werden betreffend der Lenkung des Reitverkehrs folgende Hinweise gegeben, die auf den Bestimmungen der §§ 23, 24 LWaldG beruhen: *„Das Reiten in der freien Landschaft ist nur auf gekennzeichneten Reitwegen und auf Fahrwegen, ausgenommen Radwegen, erlaubt. Im Wald und in der übrigen freien Landschaft gehören dazu nur solche Wege, die ganzjährig mit Kraftwagen befahren werden können, welche ihrer Zweckbestimmung nach nicht auch für die Fahrt im Gelände vorgesehen sind. Brandschneisen und Fahrspuren zur vorübergehenden Holzabfuhr sind keine Fahrwege. Meist wird man auf die Neuanlage spezieller Reitwege verzichten können und sie auf vorhandene, für den Forst- und Wanderbetrieb weniger wichtige Wege, insbesondere unbefestigte Rückewege, Schneisen oder Abteilungslinien legen. Möglichst wird man Ortslagen und Kurgebiete mit Rundreitwegen umgehen. Ausgewiesene und beschilderte Wanderwege müssen unbedingt gemieden werden. Reitwege sollten an Ausgangspunkten (Reiterhöfe, Parkplätze) so angeknüpft werden, daß den Reitern die Benutzung oder Kreuzung von Verkehrsstraßen möglichst erspart wird.“* (*NDS. MELF, ebenda*)

Reitwege müssen von Wegen anderer Bestimmung abgegrenzt werden. Verläuft die Reitspur unmittelbar neben einem ebenfalls weichen, z.B. sand-wassergebundenen Forst- oder Wan-



derweg, ist eine deutlich sichtbare Trennung durch ca. 1,20 m hohe Pfähle in 20 - 30 m Abstand oder durch eine Baumreihe, an kritischen Stellen sogar zusätzlich durch waagerechte Leitstangen, notwendig (NDS. MELF, ebenda). Sicherer und schöner ist ein mindestens 2 m breiter, natürlich bestockter Trennstreifen zwischen den Wegen oder die Verlegung des Reitweges seitlich in den Bestand, jedoch nur so weit, daß die Sichtverbindung zum Hauptweg bestehen bleibt.

WOCHER (1983) beschäftigte sich ausführlich mit der rechtlichen Seite des Reitens im Walde. Er ging dabei von der Überlegung aus, daß wegen des Zielkonflikts zwischen den Reitern und anderen Interessengruppen im Wald die Ausgestaltung des vom §14 BWaldG vorgezeichneten Rahmens durch die Länder eine anspruchsvolle Aufgabe war, bei der es vor allem darum ging, die Kollision der verschiedenen Freizeitbetätigungen im Wald mit dem Reiten zu vermeiden, den angestammten Lebensraum für die Tiere und Pflanzen zu sichern und einen Ausgleich für die durch das Reiten entstandenen Schäden auf den Waldwegen der Waldbesitzer vorzusehen.

Für alle Länder gilt, daß das Reiten im Bestand, auf Abteilungslinien oder Leitungstrassen generell verboten ist und unter dem Vorbehalt der Erlaubnis des Waldbesitzers steht. Erlaubnisse des Waldbesitzers, die im Widerspruch zur Gemeinverträglichkeit und dem Erholungszweck des Waldes an sich stehen - dies gilt auch, wenn der Waldbesitzer auf seinen eigenen Waldwegen reitet - können durch forstaufsichtliche Anordnung unterbunden werden. Die Waldgesetze der Länder enthalten im übrigen Bestimmungen, wonach auch auf Waldwegen, auf denen das Reiten grundsätzlich zulässig ist, dieses für die Dauer von Holzerntearbeiten über ein allgemeines Betretungsverbot untersagt wird (WOCHER, ebenda).

### 2.2.3 Radwege

Unbestritten liegen Rad- oder Mountainbiketouren in der freien Natur abseits vom Stadtklima im Trend und erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Veröffentlichungen, die sich mit dem Radfahren im Walde beschäftigen, weisen in diesem Zusammenhang auf die Brisanz hin, die eine Nutzung der Waldwege durch Radler in sich birgt. So konstatiert man beispielsweise in einer Untersuchung des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft hinsichtlich des Konfliktpotentials, das entsteht, wenn Wanderer und Mountainbiker die gleichen Wege in Anspruch nehmen: *„Konflikte zwischen Wandernden und Radfahrern sind programmiert, je schmaler der Wanderweg und je rücksichtsloser die Radfahrer oder auf ihrem Recht beharrenden Wanderer sind. Probleme entstehen meistens auf der Talfahrt, indem die Mountainbikes im Vergleich zum Tempo der Wanderer relativ schnell fahren und vor allem von älteren Leuten erst im letzten Moment, d.h. beim Klingeln, wahrgenommen werden können. Wandernde können erschrecken, müssen allenfalls zur Seite springen oder verunfallen sogar.“* (BUWAL, 1996) Diesen Problemen versucht man in der Schweiz dadurch Herr zu werden, daß ein roter Wegweiser mit MTB-Symbol Strecken kennzeichnet, die für MTB besonders geeignet sind. Mit dieser Bestimmung erhofft man sich eine bessere Trennung von Radfahrern einerseits und Wandernden

andererseits und damit einhergehend eine Verbesserung des Schutzes der Fußgänger. Da es sich um ein Hinweisschild handelt, kann nach wie vor nicht verhindert werden, daß sich MTB-Fahrer auf Wander- bzw. Bergwanderwegen statt auf den empfohlenen MTB-Routen bewegen. Bei gegenseitiger Rücksichtnahme ist ein Miteinander auf dem gleichen Weg möglich und Unfälle lassen sich vermeiden (BUWAL, *ebenda*).

REICHE *et al.* (1993) fordern in einer vom Allgemeinen Deutschen Fahrradclub (ADFC) herausgegebenen Broschüre zur Förderung des Fahrradtourismus zuallererst ein geeignetes Radroutennetz mit kreisübergreifenden Radfernrouen für größere Entfernungen und Radwanderrouen auf Kreis- oder Gemeindeebene. Attraktive Radwege sind nach Ansicht der Autoren ganz oder weitgehend autofrei, durchgängig und ganzjährig befahrbar, ausreichend breit, um gefahrlos nebeneinanderzufahren und überholen zu können und gegen unbefugten Mißbrauch, z.B. durch Kraftfahrzeuge und Pferde, baulich geschützt. Für den Aufbau eines touristischen Radroutennetzes empfehlen sich außerorts selbständig geführte Radwanderwege, befestigte Wald- und Feldwege, öffentlich nutzbare Privatwege, Radwege entlang klassifizierter Straßen u.a. (REICHE *et al.*, *ebenda*).

GROTE (1995) faßt die generellen Anforderungen von Radtouristen an Radrouen im wesentlichen anhand folgender Kriterien zusammen:

- Routenwahl (Abwechslungsreichtum und Reiz der Route),
- Vermittlung des Landschaftscharakters (Wie wird dem Radler der jeweilige Naturraum nähergebracht ?),
- Wegebau (Oberflächenmaterialien, Wegebreite),
- Wegweisung und Karten (Beschilderung und geeignetes Kartenmaterial),
- generelle Ausstattung (Serviceeinrichtungen wie Rastmöglichkeiten, Schutzhütten u.a.),
- das Begleitangebot in der Radelregion (Badeseen, naturkundliche Lehrpfade u.a.),
- die Anbindung der Region durch öffentliche Verkehrsmittel.

In der bereits zitierten Studie des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft wird die Mindestbreite von für den Radverkehr geeigneten Wegen von der Breite gebräuchlicher Fahrräder abgeleitet. Diese beträgt in der Regel ca. 70 cm, höchstens aber 1 m. Für das sichere Führen eines Fahrrades ist eine minimale Wegbreite von ca. 1,4 m notwendig. Zu denken ist auch an Kreuzungsmanöver mit Fußgängern (BUWAL, 1996). Ähnliche Angaben macht die niederländische Forschungsgesellschaft für Verkehrstechnik (C.R.O.W.) in ihrem Handbuch „Design manual for a cycle-friendly infrastructure“.

In den von der deutschen Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) veröffentlichten "Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA 95" wird unter anderem auf die Markierung von Radwegen eingegangen: „Die Fahrradwegweisung soll als in sich geschlossenes System Radfahrern die günstigsten Routen weisen. Pfeil-, Tabellen- und Zwischenwegweiser sollen Zielangabe und Entfernung enthalten. Von der allgemeinen Wegweisung der StVO

*für den Kraftfahrzeugverkehr soll sich die Fahrradwegweisung durch Farbgebung (z.B. grüne Schrift und Sinnbilder auf weißer Grundfarbe) deutlich unterscheiden.“ (FGSV, 1995)*

Im folgenden werden basierend auf den Erkenntnissen und Empfehlungen aus der Fachliteratur die wichtigsten Anforderungen an Freizeitwege schlagwortartig dargestellt:

### **Allgemeingültige Anforderungen an Freizeitwege:**

- Die grundlegende Eigenschaft von Freizeitwegen ist deren Erholungsfunktion, die zur Verbesserung der Lebensqualität der Benutzer beiträgt.
- Sie sollten nach Möglichkeit abseits von dichtem Verkehr verlaufen.
- Freizeitwege sind frei von Lärm und Staub.
- Sie verlaufen durch möglichst abwechslungsreiche und reizvolle Landschaft.
- Sie sind keinem Massenbetrieb ausgesetzt.
- Sie stellen keinen Eingriff in ökologisch sensible Bereiche dar.
- In ihrer Bauweise handelt es sich um möglichst naturfeste, bindemittelfreie Einfachwege, je nach Gegebenheiten unter Verwendung anstehender Materialien.
- Die Unterhaltung von Freizeitwegen beschränkt sich auf den in der freien Landschaft üblichen Zustand (z.B. muß ein Wanderer Nässe, Glätte, Schneeverwehungen, herumliegende Äste und Zweige sowie Unebenheiten im Wegeprofil tolerieren; Löcher, Auswaschungen oder Abbrüche dagegen nicht).
- Besondere bauliche Anlagen (Brücken, Durchlässe usw.) müssen verkehrssicher sein.
- Freizeitwege sollten angebunden sein an Wanderparkplätze:
  - Diese ermöglichen das geordnete Abstellen von KFZ am Ausgangspunkt von Freizeitwegen.
  - Wanderparkplätze sollten unmittelbar an öffentliche Straßen und Wege anschließen.
  - Das Landschaftsbild sollte durch parkende KFZ möglichst nicht gestört werden.

### **Spezielle Anforderungen an Freizeitwege:**

#### *Wanderwege:*

- Rundwanderwege oder Zielwanderwege,
- Beginn und Ende möglichst an Parkplätzen oder Haltestellen des Personennahverkehrs,
- abwechslungsreicher Verlauf (entlang von Bächen, Wasserflächen, Waldrändern),
- Erreichbarkeit reizvoller Rastplätze, Aussichtspunkte, Natur- und Baudenkmäler,
- Kombination mit Lehr- und Trimpfpfaden,
- Tafeln mit Ziel-, Zeit-, Entfernungs- und Höhenangaben bzw. erklärenden Hinweisen

### Reitwege:

- Beginn und Ende möglichst an Reiterhöfen, Reitställen oder Parkplätzen,
- selbständige Wege, die bei entsprechender Kennzeichnung Reiter dazu verpflichten, nur diese zu benutzen,
- kürzere Teilstrecken,
- möglichst steinfreie Böden, eventuell Sand aufbringen

Abschließend werden die Rahmenwerte einiger ausgewählter, in der Literatur empfohlener technischer Parameter für verschiedene Freizeitwege anhand der folgenden Tab. 1 zusammengefaßt und mit verschiedenen forstwirtschaftlichen Wegekategorien verglichen:

**Tab. 1:** Ausgewählte technische Parameter für Freizeitwege im Vergleich zu Forstwirtschaftswegen

		Technische Parameter				
		Anforderungen an:				
		Oberflächenbeschaffenheit		Längsneigung in %	Mindestbreite in m	Befestigungen (generell bindemittelfrei)
		hoch	gering			
Forstwirtschaft	Hauptfahrwege	X		2 – 10 (12)	3,50	Trag- u. Deckschicht; naturfest u. ggf. Deckschicht
	Zubringer	X		2 – 15 (20)	3,50	Trag- u. Deckschicht; naturfest u. ggf. Deckschicht
	Rückegassen, Rückewege, Schneisen		X	2 – 25	3,00	unbefestigt; naturfest ohne Deckschicht
Freizeitwege	Wanderwege	X		1 – 15	1,50	naturfest u. ggf. Deckschicht
	Radwanderwege	X		1 – 6	1,60	naturfest u. ggf. Deckschicht
	Reitwege		X	1 – 20	2,50	unbefestigt, ggf. Sandschüttung
	Joggingstrecken	X		1 – 10	1,50	naturfest u. ggf. Deckschicht
	MTB-Strecken		X	1 – 20	1,60	naturfest u. ggf. Deckschicht
	Langlaufloipen		X	1 – 6	1,50	unbefestigt

### **3 MATERIAL UND METHODEN**

#### **3.1 *Das Untersuchungsgebiet: Stadtwald Göttingen***

##### **3.1.1 Allgemeine Beschreibung**

Der Stadtwald Göttingen schließt im Osten unmittelbar an die Stadt an und hat eine Größe von ca. 16 km<sup>2</sup>. Diese Fläche besteht nicht ausschließlich aus Wald, sondern gliedert sich wie folgt auf:

- 1300 ha geschlossener Wald mit Holznutzung,
- 160 ha geschlossener Wald ohne Holznutzung,
- 45 ha gesetzlich ausgewiesene Naturschutzflächen,
- 12 ha Vogelschutzwälder, Bodenschutzwälder, Streuobstwiesen,
- 34 ha Wiesen und Ackerland,
- 36 ha Wege.

Der Stadtwald Göttingen ist Kämmerereivermögen der politischen Gemeinde Göttingen und weist zum Stichtag der aktuellen Forsteinrichtung (01.10.1989) folgende Forstbetriebsflächen auf:

- Wirtschaftswald                1.410,79 ha
- Holzboden                      1.410,79 ha
- Nichtholzboden                103,08 ha
- Forstbetriebsfläche            1.513,87 ha

Der Nichtholzbodenanteil von 7,3% ist relativ hoch. Er ist auf umfangreiche landwirtschaftliche Nutzflächen zurückzuführen, die vom Stadtforstamt verwaltet werden.

Der Stadtwald Göttingen besteht zum größten Teil aus den zwei gut arrondierten Waldkomplexen „Hainholz/Hainberg“ und „Göttinger Wald“, welche südöstlich des Ortsteiles Herberhausen durch eine schmale Waldzone miteinander verbunden sind. Kleinere Flächen befinden sich in einigen Kilometern Abstand rund um den Hauptteil. Geographisch liegt das Gebiet im Leinebergland.

Die Stadt Göttingen betreut ihre Waldungen durch eine eigene kommunale Forstverwaltung, das Stadtforstamt Göttingen mit Sitz in Herberhausen. Innerhalb der Stadtverwaltung ist das Stadtforstamt dem Dezernat II, dem Stadtkämmerer, unterstellt.

Das Stadtforstamt nimmt für das Gebiet der kreisfreien Stadt Göttingen auch die hoheitlichen Aufgaben wahr. Für die Waldflächen außerhalb des kreisfreien Stadtgebietes ist hoheitlich der Landkreis Göttingen zuständig und als Beratungsforstamt das Staatliche Forstamt Bramwald. Die Forstaufsicht hat die Bezirksregierung in Braunschweig als zuständige höhere Forstbehörde.

Die Stadt sieht den Erhalt ihres Waldes als einen wichtigen Teil einer umfassenden Zukunftsvorsorge. Aus diesem Grund wird der Stadtwald seit dem Jahre 1925 naturgemäß gepflegt.

Man hat sich zusätzlich seit Juni 1995 verpflichtet, die Richtlinien der Umweltorganisation Greenpeace für eine naturnahe Waldnutzung anzuwenden.

Im Konzept zur Sicherung von Erholung und Natur im Göttinger Stadtwald werden die wichtigsten Aufgaben bei der Pflege der stadteigenen Waldgebiete folgendermaßen formuliert:

- *„Der Göttinger Stadtwald ist als ein naturnaher Landschaftsraum zu erhalten und zu fördern. Er hat wegen seiner Nachbarschaft zur Stadt vorrangig der Naherholung der städtischen Bevölkerung zu dienen.*
- *Natur und Erholung müssen in noch stärkerem Umfang als bisher in Einklang gebracht werden, damit gesunde Erholung in einer intakten Natur möglich wird. Eine Vorsorge für den Erhalt der Natur und des Lebensraumes „Wald“ ist zugleich die beste Maßnahme für die Erhaltung des Erholungsgebietes „Wald“.*
- *Im Hinblick auf die gegenwärtig erkennbaren Gefahren der Übernutzung einzelner Waldpartien im stadtnahen Raum sind die verschiedenen Erholungsformen so zu lenken, daß die Qualität jeder Erholungsart erhalten oder ggf. wiederhergestellt werden kann. Die Quantität der Nutzung, also die Besucherfrequenz, sollte gleichmäßig auf alle stadtnahen Waldpartien verteilt werden.*
- *Das Wandern und Spaziergehen hat Vorrang vor allen anderen Erholungsformen. Die Spaziergänger müssen durch ein Angebot an attraktiven Waldwegen so geführt werden, daß sie weder mit den empfindlichen Bereichen der Natur noch mit anderen Erholungsformen in Konflikt kommen.*
- *Die Reiterei ist Volkssport und als gesunde, naturverbundene Erholungsform zu fördern. Den Reitern ist ein ausreichend großes Wegenetz anzubieten, das den speziellen Bedürfnissen der Reiterei angepaßt ist.*
- *Die sportlichen Aktivitäten sind im Bereich der unmittelbaren Stadtnähe zu konzentrieren, da die Feierabendsportarten wie Waldlauf, Jogging, Trimmen usw. den größten Teil der Aktivitäten einnehmen. Durch ein gutes Angebot an entsprechenden Einrichtungen sind diese Sportarten in Bereiche zu lenken, in denen weder die anderen, „ruhigen“ Erholungsarten, noch die Natur beeinträchtigt werden. Sportarten, welche die Natur in ihrem Erhalt gefährden, sind unter Anwendung aller gesetzlichen Möglichkeiten fernzuhalten.*
- *Im gesamten Gebiet des Stadtwaldes soll weder die Natur, noch die Erholung durch Autoverkehr beeinträchtigt werden.*
- *Zum Erhalt der artenreichen Lebensgemeinschaft Wald sind Gebiete mit seltenen Pflanzen und Tieren vorrangig zu schützen.*
- *Zur Reduzierung von Verbißschäden durch das Wild und aus Gründen der Wildhege sind in winterlichen Notzeiten Ruhezonen für das Wild zu schaffen.*
- *Für die Tier- und Pflanzenwelt des Göttinger Waldes sind wichtige Randbereiche zum angrenzenden Freiland in ihrer ökologischen Funktion zu sichern.*

- *Beim Aufenthalt im Wald ist den Waldbesuchern ausreichend Möglichkeit zu geben, ihr Verständnis für die Lebensgemeinschaft Wald und die ihr drohenden Gefahren zu fördern. Die hierzu nötigen Anlagen sind so auszubauen, daß sie dem Bildungsanspruch möglichst vieler Waldbesucher gerecht werden können.*
- *Das Verständnis für den Wald ist durch zusätzliche Aufklärungsarbeit bei Kindern und Erwachsenen zu fördern.“*

### **Leitbild, Leitlinien und Produktplan**

Das Handeln des Stadtforstamtes richtet sich nach einem gemeinsamen Leitbild für kommunale Forstbetriebe in Niedersachsen. Dieses Leitbild gibt für alle beteiligten Betriebe einen Zielrahmen vor und ermöglicht damit zumindest teilweise die Vergleichbarkeit der einzelnen Betriebsergebnisse. Die hieraus entwickelten Leitlinien bilden die konzeptionelle Grundlage für die Arbeit des Forstamtes. Im Gegensatz zu rein auf maximalen Holzertrag ausgerichteten Forstbetrieben erbringt das Stadtforstamt in erster Linie die Dienstleistungen „Erholung“ und „Erhaltung der Natur“. Daneben ermöglicht die Erhaltung und Förderung der ökonomischen Werte (Holzproduktion) einen wesentlichen Beitrag zur Deckung der im Rahmen der primären Dienstleistungen entstehenden Kosten. Die Holzproduktion darf allerdings nicht zu Lasten von Erholung und Natur gehen und hat sich diesen beiden Dienstleistungen unterzuordnen (*STADTFORSTAMT GÖTTINGEN, JAHRESBERICHT 1994*).

Das Forstamt wird im Rahmen eines neuen Steuerungsmodelles der Stadtverwaltung Göttingen seit Anfang 1994 budgetiert. Im Zuge einer Verwaltungsreform verfolgt man das Ziel, wirtschaftliches Denken und Handeln in allen Teilen des Forstamtes zu fördern. Weitere Zielvorstellungen beinhalten das ergebnisorientierte Vereinfachen der Verwaltung und eine Erhöhung der Arbeitseffizienz. Erste Erkenntnisse zeigen, daß die positiven Auswirkungen der Budgetierung hinsichtlich der Verbesserung der Dienstleistungen für die Bürger überwiegen. Hierbei ist besonders bemerkenswert, daß die Kosten für das Forstamt gegenwärtig geringer sind als in der Zeit vor der Budgetierung. Diese Kostensenkung ist kein primäres Ziel, aber „... ein erfreulicher und wünschenswerter Nebeneffekt“. (*STADTFORSTAMT GÖTTINGEN, JAHRESBERICHT 1995*)

Mit dem Bestreben, die Aktivitäten des Forstamtes transparent und meßbar zu machen, wurde ein Produktplan entwickelt, der alle Gruppen von Leistungen zusammenfaßt, die das Forstamt für die Bürger und andere Ämter bzw. Institutionen erbringt. In diesem Plan werden sechs „Produkte“ definiert, die das gesamte Spektrum der Tätigkeiten des Forstamtes abdecken. Die Definition der Produkte beinhaltet eine Kurzbeschreibung, die Auftragsgrundlage, die Zielgruppe und die Ziele der einzelnen Dienstleistungen. Ergänzt wird die Produktdefinition durch eine Beschreibung der wichtigsten konkreten Maßnahmen, die zum Leistungsumfang des jeweiligen Produktes gehören. In der Abb. 4 auf Seite 26 wird der sog. Produktplan des Stadtforstamtes zusammenfassend dargestellt.

Im Produkt „Erholung“ widerspiegelt sich der zentrale Auftrag des Forstamtes, dem Bürger Regeneration in gesunder Natur zu ermöglichen. Man ist bestrebt, die Leistungen auf diesem Gebiet kontinuierlich auszubauen. Seit 1994 geschah dies unter anderem durch Verbesserungen am Wanderwegenetz, durch das Aufstellen neuer Bänke, durch Erneuerungsarbeiten am Wildgehege, durch die Sanierung des Kaiser-Wilhelm-Parks und durch die Übernahme des Bismarckturmes. Der Anteil des Produktes „Erholung“ ist seit 1994 stetig angestiegen und stellt gegenwärtig auch quantitativ den wichtigsten Teil der Dienstleistungen des Forstamtes dar. Nachfolgend wird beispielhaft die konkrete Produktbeschreibung für diesen Teil der Dienstleistungen des Forstamtes aufgezeigt (*STADTFORSTAMT GÖTTINGEN, JAHRESBERICHTE 1994 UND 1996*):

<b>Produkt:</b>	Erholung im Wald
<u>Kurzbeschreibung:</u>	Bereitstellen des Waldes für Erholung und Freizeit
<u>Auftragsgrundlage:</u>	Landesforstgesetz, Kommunalpolitischer Beschluß Nr. 365 vom 6.9.1987, Betriebswerk
<u>Zielgruppe:</u>	jedermann als Erholungssuchender, Touristen als Wanderer und Radfahrer, Sportler, Tourismusverbände (Bevölkerung, Kurz- und Langzeiturlauber, Kongreßteilnehmer etc.)
<u>Ziele:</u>	Schaffung von Naturerlebnis zur Erhöhung und Erhaltung der Lebensqualität im Nahbereich einer Universitäts- und Kongreßstadt

### **Leistungsumfang**

- Erstellung und Pflege von Erholungseinrichtungen
- Erstellung und Pflege von (Wander-) Wegen
- Schaffung von ästhetischen Waldbildern
- Schaffung von Ausblicken, Offenhalten von Waldwiesentälern, ...
- Schaffung von Waldparkplätzen mit Wanderwegausschilderung
- kostenintensivere Holznutzung durch Rücksicht auf Erholung, Erhaltung und Pflege von kulturhistorischen Gütern (z.B. Bodendenkmäler)
- Herausarbeiten der ökologischen Vielfalt „am Wegesrand“
- Förderung und Lenkung von Sportlern und Wanderern hin zu mehr Naturverträglichkeit

Der klassische Bereich „Forstwirtschaft“ wurde unter dem Begriff „Waldpflege“ zusammengefaßt. Das Ziel dieses wirtschaftlichen Teilbereiches des Forstamtes ist es, Finanzmittel für die Erholung und den Naturschutz zu erwirtschaften und dabei durch naturnahen Waldbau zur Erhaltung der vielfältigen Wohlfahrtswirkungen des Waldes beizutragen. Dieses Ziel soll durch eine Rationalisierung der Waldpflege und eine Verbesserung der Holzvermarktung erreicht werden. Im Rahmen der Waldbewirtschaftung richtet man sich unter anderem nach folgenden Grundsätzen:

- Stamm- und truppweiser Einschlag erntereifer Althölzer,
- Förderung von Eiche und Edellaubhölzern durch Naturverjüngung, Überhalt von Edellaubhölzern und langfristige Verjüngungsverfahren,



- Umwandlung nicht standortgemäßer Nadelholzbestände in artenreiche Laubwälder,
- Vorübergehende Gatterung von Jungbeständen,
- Angemessene Bejagung des Wildes und Schaffung eines ausreichenden Angebotes an Äsungsflächen,
- Entwicklung und Gestaltung mehrstufig aufgebauter Waldränder.

**Abb. 4:** Produktplan des Stadtforstamtes Göttingen (Stadtforstamt Göttingen, Jahresbericht 1994):

Produkt	<i>Erholung</i>	<i>Waldpflege</i>	<i>Öffentlichkeitsarbeit</i>	<i>Naturschutz</i>	<i>Untere Forstbehörde</i>	<i>Forstunternehmen</i>
Leistungen	Liegewiesen	Pflanzungen	Exkursionen, Vorträge	Biotoperhaltung	Genehmigungen bei Waldumwandlung u. Aufforstung	Beförderung u. Betreuung nichtstadteigener Wälder
	Wanderwege	Läuterungen	Waldjugendspiele	Streuobstwiesen	Mitwirkung bei Bauleitplanung	Amtshilfe
	Schutzhütten	Durchforstungen	Projekte mit Schulen	Trockenrasen	Forstpolizei	4 Mietwohnungen
	Infotafeln	Holzernte	Schülerpraktikanten	Auewald	Waldbrandverhütung	Landverpachtung
	Wildgehege	Holzvermarktung	Forstpraktikanten Uni, FH	Schutzwälder	Ordnungswidrigkeiten	Landschaftspflege für Dritte
	Festplatz	Forstschutz	Jugendarbeit „Waldjugend“	Rote-Liste-Arten		
	Kulturdenkmale	Waldinventur	Pressearbeit	Vogelschutz		
	Müllbeseitigung		4 Dienstgebäude	Bodenschutz		
	Sicherheit im Wald		Kastanienaktion	Still- u. Fließgewässer		
	Waldinseln im Stadtgebiet		Weihnachtsbaumverkauf	Waldrandgestaltung		
	Ambiente für Uni- und Kongressstadt		Patenschaftswälder	Wildbewirtschaftung		
				Zusammenarbeit mit Naturschutzverbänden		
				Betreuung von Diplomarbeiten		

Die Kostenstruktur der sechs Produkte sowie deren Anteile am Gesamtbudget des Forstamtes werden aus der folgenden Zusammenstellung für das Jahr 1996 ersichtlich (Tab. 2, *STADT-FORSTAMT GÖTTINGEN, JAHRESBERICHT 1996*):

**Tab. 2:** Kostenstruktur und Aufteilung des Gesamtbudgets für das Jahr 1996

	<i>Erholung</i>	<i>Waldpflege</i>	<i>Öffentlichkeitsarbeit</i>	<i>Naturschutz</i>	<i>Forstbehörde</i>	<i>Forstunternehmen</i>	
<b>Personal-kosten</b>	-682.643,11	-358.680,30	-152.145,68	-156.254,40	-50.261,35	-175.266,57	
<b>Sachkosten</b>	-24.647,06	-5.337,05	-54.862,02	-2.909,19		-43.200,68	
<b>Unternehmer-kosten</b>	-118.144,12	-141.448,79	-38.476,98	-691,15		-28.661,82	
<b>Allgemein-kosten</b>	-95.803,00	-50.078,79	-24.159,64	-21.773,39	-6.532,02	-32.272,28	
<b>Deckungs-beitrag</b>	28.086,11	510.637,60	58.464,88	25.745,81		59.457,96	<b>Gesamt</b>
<b>Gesamtkosten (netto)</b>	-893.151,18	-44.907,33	-211.179,44	-155.882,32	-56.793,37	-219.943,39	1.581.857,03
<b>Anteil</b>	56,5%	2,8%	13,4%	9,9%	3,6%	13,9%	100%

### 3.1.2 Gegenwärtige Erschließungssituation

Göttingen verfügt in den städtischen Wäldern über ein dichtes und gut ausgebautes Waldwegenetz. Folgende Empfehlungen gelten für den Waldwegebau im Stadtwald unter der Prämisse einer naturnahen Waldbewirtschaftung:

- Umgehung sensibler Biotope (Feuchtgebiete, Quellen, Altholzbestände u.ä.),
- weitgehende Verwendung von anstehenden Gesteinsmaterialien,
- Verzicht auf Asphaltierungen,
- Anlage von Auffangparkplätzen,
- Maßnahmen im Rahmen der Gestaltung eines Freizeitwegenetzes.

Es ist ein abgestimmtes Freizeitwegenetz zu erstellen, bei dem solche Erholungsformen räumlich voneinander getrennt werden, die sich gegenseitig behindern. Die bisherigen Freizeitwege sind dahingehend zu überprüfen,

- ob genügend attraktive Wegführungen angeboten werden,
- ob die Ausschilderung für jedermann verständlich ist und
- ob sie nicht empfindliche Gebiete der Natur belasten.

Das Freizeitwegenetz sollte alle Waldgebiete auf dem Areal der Stadt erfassen, um eine Überlastung einiger stark besuchter Waldpartien zu vermeiden.

Bei der Ausweisung von Freizeitwegen ist auf das vom Gesetzgeber im Feld- und Forstordnungsgesetz (FFOG) vorgeschriebene Verfahren zurückzugreifen (§§ 25 ff. FFOG), bei dem im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens die einzelnen Interessen gegenseitig abgewogen werden. Bei einer Ausweisung von Freizeitwegen müssen insbesondere Wander- und Reitwege in ihrem Verlauf bestimmt und räumlich getrennt werden.

Es soll ein separates Reitwegenetz ausgewiesen werden. Eine allgemeine Kennzeichnungspflicht für Reitpferde im Sinne des § 35 FFOG ist einzuführen.

Begründung:

Im Göttinger Wald und den benachbarten Gebieten sind mehrere Reitvereine und eine größere Anzahl nicht organisierter Reiter aktiv, so daß die Flächen des Stadtforstamtes täglich von Reitern frequentiert werden. Probleme bei der Reiterei können dann auftreten, wenn Fußgänger und Reiter dieselben Wege benutzen und sich gegenseitig behindern. Aus Sicht der Forstwirtschaft ist ferner die rasche Zerstörung der wassergebundenen Wegedecken durch die Pferdehufe als problematisch einzustufen. Die Reiter müssen deswegen ihre eigenen Wege zugewiesen bekommen, auf denen sie ungestört und ohne größeren Schaden anzurichten ihren Interessen nachgehen können. Die verbindliche Ausweisung von Reitwegen und eine Kennzeichnungspflicht für alle Reiter sind daher Notwendigkeiten, die zur Sicherung dieser Erholungsform beitragen. Das FFOG legt in den §§ 25 ff. fest, wie in allgemeinverbindlicher Form Reitwege zu bestimmen sind. Dies muß unter Beteiligung aller im Stadtgebiet vertretenen Forstverwaltungen, Landeigentümer und Reiterverbände geschehen, damit gerade seitens der Reiter mit einer hohen Akzeptanz gerechnet werden kann. Alle übrigen Waldbesucher sind durch Hinweisschilder von den Reitwegen fernzuhalten. Eine Kontrolle von „schwarzen Schafen“ unter den Reitern ist nur möglich, wenn für alle Pferde eine Kennzeichnungspflicht (§ 35 FFOG) im Stadtgebiet eingeführt wird.

Der überwiegende Teil der bis 1986 für den privaten KFZ- Verkehr geöffneten Wege ist im Winter 1987 gesperrt worden. Statt dessen sind an den Waldeingängen große Wanderparkplätze errichtet worden.

Begründung:

Der stadtnahe Erholungswald soll als Freiraum ohne die Lärm- und Geruchsbelästigung des sonst allgegenwärtigen Straßenverkehrs sein. Die negativen Auswirkungen des KFZ- Verkehrs auf die nichtmotorisierten Waldbesucher und auf sensible Naturbereiche waren der Anlaß, die Wege des Stadtforstamtes für die Benutzung mit privaten Kraftfahrzeugen zu sperren.

Besonders empfindliche und schützenswerte Gebiete des Stadtwaldes erfordern eine gezielte Lenkung des Besucherverkehrs, um die Störungen durch den Menschen so gering wie möglich zu halten. Freizeitwege sollen in diesen Gebieten nur äußerst behutsam und sparsam ausgewiesen werden. Neben einer geringeren Erschließungsdichte können Maßnahmen wie das Abriegeln sensibler Biotope durch natürliche Dornenhecken o.ä. zu einer wirksamen Besucherstromlenkung beitragen.

Das gesamte Forstamtsgebiet kann in stadtnahe und stadtf fernere Bereiche unterschieden werden. Hierdurch bedingt sind - zumindest in den stadtf ferneren, weniger intensiv besuchten Bereichen - Schon- und Rückzugsgebiete für seltene und bedrohte Tier- und Pflanzenarten vorhanden.

Im Stadtwald werden bei entsprechenden Schneelagen Langlaufloipen angeboten. Neben der Verbesserung der Wintersportmöglichkeiten sollen die Langläufer durch ein attraktives Angebot an Loipen von den Einständen des Wildes ferngehalten werden. Wildruhezeiten sind besonders in Zeiten mit hohen Schneelagen notwendig, unter anderem auch um die Verbiß- und Schäl-schäden in den Einstandsgebieten nicht überhandnehmen zu lassen.

Der Erhalt der Rodelbahn, die sich ebenfalls auf dem Gebiet des Stadtwaldes befindet, trägt in diesem Zusammenhang dazu bei, eine weitere attraktive Wintersportmöglichkeit zu sichern.

Sportarten, die entweder die Natur oder die übrigen Erholungsarten stark beeinträchtigen, sind – soweit gesetzlich möglich – zu untersagen. Die im Stadtwald gegenwärtig am häufigsten vertretenen Sportarten sind Jogging, Trimmisport, Skilanglauf und Rodeln (bei entsprechenden Witterungsverhältnissen), Crosslauf und Radfahren. Probleme entstehen vor allem durch die Aktivitäten von Crossläufern, da diese Sportart abseits von Wegen auch ansonsten ruhigere Zonen berührt. Eine permanente Belastung würde bei den freilebenden Tierarten zu Dauerstreß führen und sie aus dem Stadtwaldgebiet vertreiben.

Durch die Waldlehrpfade und die damit verbundene Beschilderung von interessanten Stellen im Wald wird den Waldbesuchern eine Möglichkeit geboten, die Zusammenhänge in der Natur zu begreifen.

## 3.2 Technische Voraussetzungen

Ein Schwerpunkt des methodischen Vorgehens bei der umfassenden Wegenetzoptimierung im Untersuchungsgebiet ist der Einsatz eines geographischen Informationssystems.

Das zentrale Problem beim Aufbau einer digitalen Datenbasis ist die große Anzahl und Vielgestaltigkeit der raumbezogenen Informationen, die in ein geographisches Informationssystem integriert werden. Sie erfordern in Form von Datenerfassung und -verarbeitung einen beträchtlichen Zeitaufwand sowie einen hohen Standard in der Hard- und Softwareausstattung. Demgegenüber ist es von Vorteil, daß die Datenbasis als offenes System jederzeit um beliebige georelationale Informationen erweitert werden kann.

Es wird ein kurzer Überblick über die in der Untersuchung eingesetzte Hard- und Software gegeben. Aufgrund der sich rasant vollziehenden Entwicklung in allen Technologiebereichen können hier nur solche Erfahrungen dargestellt werden, die gegenwärtig dem aktuellen Wissensstand auf dem Gebiet des Einsatzes von geographischen Informationssystemen sowie CAD-gestützter Methoden bei der Lösung von Planungs- und Optimierungsaufgaben im Rahmen der Walderschließung entsprechen (JAEGER, 1995; HENTSCHEL, 1995; SONNTAG, 1998).

### 3.2.1 Software

Bereits in den späten 60er Jahren entstanden aus speziellen EDV- Routinen erste computergestützte Werkzeuge zur Verarbeitung von geographischen Daten. Die Weiterentwicklung dieser Vorgänger der geographischen Informationssysteme (GIS) führte schließlich in den 80er Jahren zu einer massenhaften Verbreitung von GIS- Software. Heute ist es die integrierende Technologie, welche es den verschiedensten Organisationen ermöglicht, vielfältige Datentypen und Datenbanken zusammenzuführen, um somit eine umfassende, vereinheitlichende Strategie für den Zugang zu räumlichen Daten und deren Nutzung zu schaffen.

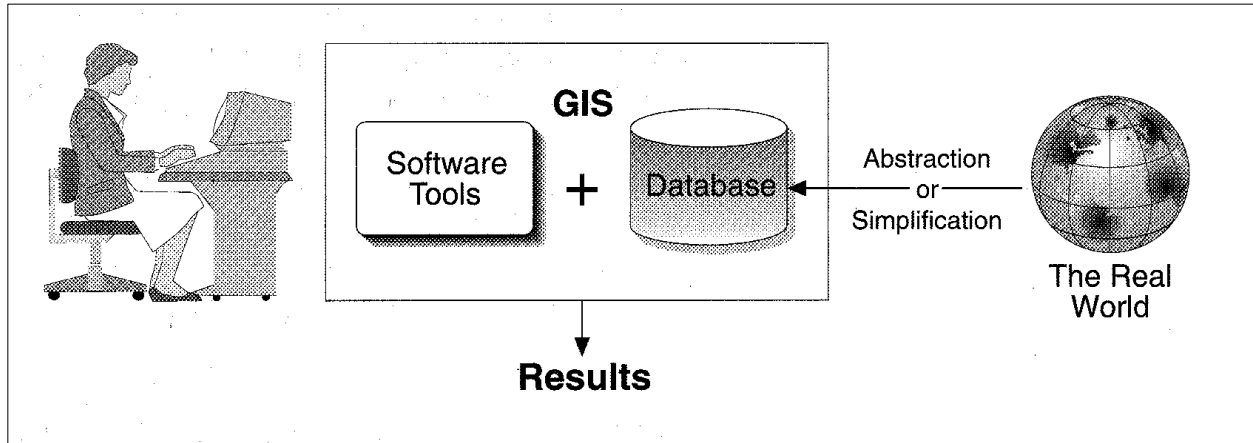
Ein GIS verknüpft geographische oder „räumliche“ Daten in Kartenform mit beschreibenden (deskriptiven) Attributinformationen. Es ist definiert als:

*„eine organisierte Gesamtheit von Computerhardware, Software, geographischen Daten und Personal, die darauf ausgerichtet ist, alle Formen geographisch referenzierter Informationen effizient zu erheben, zu speichern, zu aktualisieren, zu verwalten, zu analysieren und darzustellen.“ (ESRI®, 1994)*

Die Möglichkeit, mit Hilfe eines GIS sog. „Räumliche Analysen“ durchführen zu können, prädestiniert es für den Einsatz bei der Be- und Verarbeitung erdoberflächenbezogener Daten. Räumliche Analysen sind Prozesse des Modellierens, des Prüfens und des Interpretierens von Modellergebnissen. Innerhalb eines GIS können die folgenden vier Typen von räumlichen Analysen unterschieden werden:

- 1.) räumliches Overlay („Übereinanderlegen“) und Nachbarschaftsanalysen,
- 2.) Oberflächenanalysen,
- 3.) lineare Analysen und
- 4.) Rasteranalysen.

**Abb. 5:** GIS- Komponenten (ESRI®, 1994)



Eine weit verbreitete, professionelle GIS- Software ist das von ESRI® (Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA) entwickelte ARC/INFO®, das im Rahmen der vorliegenden Untersuchung in der Version „Workstation-ARC/INFO® 7.03“ eingesetzt wurde. Zu den Vorteilen dieses Programmsystems zählen u.a.:

- ARC/INFO® basiert auf sog. „Offenen Systemen“ und ermöglicht somit eine Anpassung an aktuelle technologische Trends.
- ARC/INFO® kombiniert ein einfaches Datenmodell mit einem hochentwickelten Set von Werkzeugen zur Geodatenverarbeitung.
- Als ein kompaktes geodatenverarbeitendes System können vielfältige Datentypen eingebunden werden (Raster-, Vektor-, Image-, CAD-, Video- und Oberflächendaten sowie Tabellen).
- Die integrierten Hilfsmittel zur Entwicklung von Anwendermakros ermöglichen eine Anpassung der Software an spezielle Anforderungen.
- ARC/INFO® entspricht gängigen Industriestandards und erleichtert somit den Datenaustausch mit anderen Standardanwendungen.

ARC/INFO® basiert auf einem **georelationalen Datenmodell**, das die geographischen Informationen in einer Reihe voneinander unabhängig definierter Informationsschichten (Layers, Coverages) abstrahiert. Jede Informationsschicht stellt ein ausgewähltes Set von eng miteinander verbundenen geographischen Elementen dar (z.B. Straßen, Wasserläufe, Bestände usw.).

Das GIS- Datenmodell ist eine formale Sammlung räumlicher Operatoren, die - verknüpft mit einer räumlichen Datenbank - die geographische Realität modelliert. Ein GIS- Datenmodell muß sowohl grafische als auch tabellarische Daten darstellen und in Beziehung setzen. Darüber hinaus kann ein GIS benutzt werden, um extrem komplexe, reale Ereignisse und Situationen zu simulieren. Im Rahmen dieser Komplexität richtet sich das Hauptaugenmerk auf das formale GIS- Modell, um das „nicht- formale“ Verhalten der Realität genau nachzuahmen.

Das ARC/INFO®- Datenmodell ist relativ einfach. Es beschreibt abstrakte geographische Elemente: Punkte, Linien und Flächen, deren Attribute in relationalen Tabellen vorgehalten werden. Dieses Modell ist ein hybrides georelationales Datenmodell, das auf einer kartografischen Datenbank basiert. Daten werden mit Hilfe von topologischen Datenstrukturen in einer Sammlung von Informationslagen (Coverages) vorgehalten. Coverages sind grundlegende Einheiten der Vektordatenverarbeitung und können mehrere Arten von geographischen Elementen darstellen.

Eine detaillierte Beschreibung des ARC/INFO®- Datenmodells kann in die folgenden spezifischen Gebiete eingeteilt werden:

- Kartografische Datenbank,
- Georelationales Datenmodell,
- „Coverage“- Konzept,
- Elementeklassen- Konzept,
- Topologische Datenstruktur und
- Kartenbibliotheken.

Bei der Entwicklung des Datenmodells ist es wichtig, die grundlegende Definition von ARC/INFO® im Auge zu behalten: die Integration von grafischen Daten und Informationen. „ARC“ ist ein Sammelbegriff, der sich auf grafische Daten bezieht. „INFO“ ist eine Abkürzung, die viele Informationsarten tangiert, darunter Vektordaten, tabellarische Daten, Oberflächeninformationen, Video, Rasterdaten, gescannte Bilder, Dokumente usw.. Das Akronym ARC/INFO® bezieht sich auf die Integration einer Vielfalt von grafischen und nicht grafischen Daten und Quellen durch ein einzelnes geodatenverarbeitendes System.

ESRI's ARC/INFO®- Software ist ein kartografisches Datenbanksystem, das um ein hybrides Datenmodell herum aufgebaut wurde. Es organisiert geographische Daten, wobei es ein georelationales und topologisches Modell benutzt. Dies erleichtert das rationelle Management der beiden Klassen von räumlichen Daten: erstens der standörtlichen Daten, welche die Lage und die Topologie von Punkt-, Linien- und Flächenelementen grafisch beschreiben und zweitens der Attributdaten, d.h. der Informationen, welche die Merkmale der genannten Elemente beschreiben. Die kartografische Datenbank von ARC/INFO® ist eine Sammlung räumlicher Daten und beschreibender (deskriptiver) Informationen mit dem Ziel einer organisierten und effizienten Datenhaltung und Datenwiedergewinnung durch viele Benutzer. Mit diesem Ansatz können GIS-Anwender einfache Merkmale im Datenmodell schnell und flexibel kombinieren, um Merkmalsgruppen zu schaffen, die komplexe Beziehungen in der Realität darstellen. Hierin widerspiegeln sich grundlegende Konzepte der relationalen Datenbank- Management- Systeme (RDBMS).

Für spezielle Fragen hinsichtlich Datenanalyse, Informationsvisualisierung, Abfragegestaltung u.ä. wurde auf die ESRI-Software ArcView® (Version 3.0) zurückgegriffen. Mit der Weiterent-

wicklung dieser GIS- Software in jüngster Zeit (Version 3.1) wird ein immer größerer Teil der GIS- Funktionalität auch auf der PC- Ebene einsetzbar.

Darüber hinaus wurde für sog. „alltägliche Anwendungen“ (wie z.B. Textverarbeitung, Tabellenkalkulationen, Grafikbearbeitung usw.) die übliche PC- bzw. Workstation- Standardsoftware benutzt.

### 3.2.2 Hardware

Die ARC/INFO<sup>®</sup> Software kann auf allen gängigen Rechnerplattformen als Netzwerk- (echte Client/Server Architektur) oder als Einzelplatzanwendung eingesetzt werden (Abb. 6). Diese Hardware- Unabhängigkeit ermöglicht die Auswahl desjenigen Computersystems, welches den Anforderungen des jeweiligen Anwenders am besten gerecht wird. Andererseits besteht die Möglichkeit, bereits vorhandene Rechnerkonfigurationen durch die Auswahl der passenden Softwareversion weiter zu nutzen. Der Datenaustausch zwischen verschiedenen Plattformen ist möglich.

**Abb. 6:** ARC/INFO<sup>®</sup>- Hardware- Plattformen und Betriebssysteme

HARDWARE PLATTFORM	BETRIEBSSYSTEM
Data General AViiON Workstations	DGUX
Dec AKP Workstations	OpenVMS
DEC <sup>™</sup> Alpha Workstations	OSF
DECstation <sup>™</sup>	ULTRIX
HP <sup>™</sup> und HP Apollo <sup>™</sup> Workstations (700, 8x7)	HP-UX
IBM <sup>®</sup> Workstations (RISC System/6000 <sup>™</sup> )	AIX
NEC <sup>®</sup> Workstations	EWS-UX
Silicon Graphics <sup>®</sup> Workstations	IRIX
<i>Sun Microsystems Workstations</i>	<i>SunOS, Solaris</i>
<i>IBM PC AT<sup>®</sup> und kompatible</i>	<i>MS-DOS<sup>®</sup> und Windows</i>
<i>DEC VAX<sup>™</sup> minicomputers</i>	<i>OpenVMS</i>

*Hervorgehoben sind die Konfigurationen, die in der vorliegenden Untersuchung zum Einsatz kamen. (nach ESRI, 1995; verändert)*

Die vorliegende Untersuchung fand auf einer Rechnerplattform vom Typ Sun- SPARC- Station 10 unter dem Betriebssystem Solaris 2.3 statt. Es handelt sich hierbei um ein mit TCP/IP vernetztes UNIX- System mit zwei 50 MHz- getakteten Prozessoren, 464 MB Arbeitsspeicher und 50 GB Festplattenspeicher. Die Datenerfassung und -verarbeitung erfolgte zunächst auf einer VAX- Workstation 3200 unter dem Betriebssystem VMS, bevor im Rahmen einer Umstellung auf die eingangs dargestellten, leistungsfähigeren Rechenanlagen der Umstieg in die UNIX- Umgebung vollzogen wurde. Zu den wichtigsten Peripheriegeräten die während der Untersuchung zum Einsatz kamen, gehören unter anderem ein A0- Digitalisiertablett vom Typ Calcomp 91600 zur Datenaufnahme durch Digitalisieren von analogen Kartenthemen sowie verschiedene Bandgeräte für die regelmäßige Rücksicherung der Daten und den Datenaustausch. Weitere



Hardwarekomponenten, wie verschiedenformatige Drucker, Plotter und Scanner, tragen unter anderem dazu bei, qualitativ hochwertige Ergebnisdarstellungen zu erzeugen.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, daß die Kombination der beschriebenen Hardwarekonfiguration mit modernen mobilen Datenerfassungsgeräten vom Typ der *Global Positioning Systems (GPS)* einerseits und modernen Methoden der *Satellitenfernerkundung bzw. Luftbildinterpretation* andererseits gegenwärtig als die Optimallösung für ein weites Feld von Anwendungen im Bereich der computergestützten räumlichen Datenverarbeitung angesehen werden kann.

### **3.3 Datenquellen, Datenerfassung und Datenaufbereitung**

Als Kernstück des Reoptimierungsverfahrens für das bestehende Fahrwegenetz im Göttinger Stadtwald wurde eine digitale Datenbasis erstellt, die sich, den Zielstellungen der Untersuchung entsprechend, aus mehreren Komponenten zusammensetzte. Neben den Hauptinformationen über das forstbetriebliche Wege- und Abteilungsnetz sowie zum Relief des Untersuchungsgebietes mußten unter anderem auch die Daten des aktuellen Forsteinrichtungswerkes, Informationen zu bereits vorhandenen Freizeitwegen, zu Anbindungspunkten an das übergeordnete öffentliche Straßennetz, zur Geologie, zur Hydrologie u.ä. integriert werden.

Als Informationsquellen für das Erfassen der forstbetrieblichen Hauptinformationen dienten analoge Karten im Maßstab 1 : 5.000 (Forstbetriebskarte), aus denen die erforderlichen Informationsslagen themenbezogen abdigitalisiert und im Gauss-Krüger-Koordinatensystem vorgehalten wurden. Das *Digitale Geländehöhenmodell (DGM)* wurde für das Untersuchungsgebiet ressourcensparend aus vorhandenen ATKIS<sup>1</sup>-Datensätzen erstellt. Durch die Verwendung sog. DGM 5 (1) - Daten kann davon ausgegangen werden, daß eine Genauigkeit gewährleistet wurde, welche sehr hohe Qualitätsansprüche erfüllt (vgl. *JAEGER, 1995*).

Auf dem Gebiet der Fernerkundung werden Informationen zur Topographie eines Gebietes gegenwärtig überwiegend aus Luftbildern gewonnen. Auch die Auswertung von Satellitenaufnahmen ist eine Möglichkeit, die Geländebeschaffenheit von Ausschnitten der Erdoberfläche effektiv zu erfassen, zu analysieren und darzustellen. Ergänzt werden diese Werkzeuge durch Methoden der terrestrischen Erhebung von Geländeinformationen, die allerdings für Problemstellungen im Rahmen der Walderschließung aufgrund des damit verbundenen Zeitaufwandes sinnvollerweise nur zu punktuellen Ergänzungsmessungen herangezogen werden sollten. Ein detaillierter Vergleich der Genauigkeit und der Eignung einiger praxisrelevanter Datenquellen zum Aufbau *Digitaler Geländemodelle* wurde von *JAEGER (1995)* durchgeführt.

In der vorliegenden Untersuchung fanden aus photogrammetrischer Luftbildauswertung stammende Informationen über den Weg der ATKIS- Datensätze Eingang in die digitale Datenbasis.

---

<sup>1</sup> ATKIS: Amtliches Topographisch - Kartographisches Informationssystem.

Auswertungen von Satellitenaufnahmen wurden demgegenüber ebensowenig berücksichtigt wie terrestrische Methoden der Geländeerfassung.

Bei der Datenaufnahme wurde stets nach Möglichkeiten gesucht, das aufwendige Digitalisieren der verschiedenen Themen durch das Einarbeiten bereits vorhandener Datensätze zu ersetzen (z.B. Forsteinrichtungsdaten, ATKIS). Hierbei auftretende Probleme der Datenkompatibilität sollten in Zukunft durch geeignete Schnittstellen an Bedeutung verlieren.

Abb. 7 gibt einen Überblick über die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung relevanten thematischen Informationslagen, deren Datenquellen und Datenverfügbarkeit.

**Abb. 7:** Thematische Informationslagen, Quellen und Datenverfügbarkeit

THEMA	QUELLE	VERFÜGBARKEIT
1. Gelände / Relief	ATKIS	digital
2. Forsteinrichtung (Wege, Abteilungen, Nachbarbeziehungen)	Forstgrundkarte (1 : 5.000)	digital
3. Forsteinrichtung (Bestandesdaten Planungen,...)	Forstbetriebswerk	digital
4. Standorte	NIBIS <sup>2</sup>	teilw. digital
5. Geologie (Boden)	NIBIS	teilw. digital
6. Waldfunktionen	Waldfunktionenkarte (1 : 50.000)	teilw. digital
7. Biotope	Biotopkartierung	analog
8. Wanderwege	Wanderkarten	analog
9. Rechte an Wegen	Katasteramt, Grundbuchamt	analog

### 3.3.1 Aufbau eines Digitalen Geländemodells (DGM)

JAEGER (1995) verweist auf die grundlegende Bedeutung *Digitaler Geländemodelle* im Zusammenhang mit der Planung forstwirtschaftlicher Wegenetze.

Ein *Digitales Geländemodell* (Geländehöhenmodell) ist die digitale Darstellung einer ununterbrochenen Variable über einer zweidimensionalen Oberfläche durch regelmäßig angeordnete z-Werte, die sich auf ein gemeinsames Datum<sup>3</sup> beziehen. *Digitale Geländemodelle* werden benutzt, um das Geländere Relief darzustellen.

Mit dem Aufbau eines *Digitalen Geländemodells* wurde in der vorliegenden Untersuchung das Ziel verfolgt, Reliefanalysen durchzuführen, um Aufschluß über die Hangneigungsverhältnisse im gesamten Untersuchungsgebiet zu erhalten. Vor allem Hangneigung und Reliefgliederung sind aus der Sicht der Walderschließung und des Waldwegebaus die entscheidenden topographischen Restriktionen. Deshalb ist mit dem Einsatz von präzisen *Digitalen Geländemodellen*

<sup>2</sup> NIBIS: Niedersächsisches Bodeninformationssystem.

<sup>3</sup> Datum: Eine Anzahl von Parametern und Kontrollpunkten, die dazu dienen das dreidimensionale Abbild der Erde möglichst genau zu definieren; Grundlage für ein planares Koordinatensystem.

eine ausgezeichnete Möglichkeit gegeben, um bereits im Vorfeld von Bau-, Instandhaltungs- oder auch Restrukturierungsmaßnahmen Problembereiche (negative Kardinalzonen) bzw. geeignete Erschließungskorridore (positive Kardinalzonen) auszuscheiden.

Das DGM des Untersuchungsgebietes wurde aus dem vom Niedersächsischen Landesverwaltungsamt in Hannover zur Verfügung gestellten ATKIS- Daten generiert. Es handelte sich um Daten des sog. ATKIS-DGM 5 (1) aus dem Objektbereich „Relief“ des DLM 25<sup>4</sup> mit einer Höhen Genauigkeit von +/- 0,5 m. Die Daten wurden entsprechend der zuvor übermittelten Blatt-schnittkoordinaten des betroffenen Gebietes von der Landesbehörde selektiert und dem Nutzer per Magnetband übermittelt. Das Einlesen der Daten erfolgte auf den Anlagen des Rechenzen-trums der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH in Göttingen (GWDG).

Mit den Daten des *Digitalen Landschaftsmodells* des Amtlichen Topographisch- Kartographi-schen Informationssystems der Landesvermessungsverwaltungen (ATKIS DLM) steht Fachan-wendungen mit Raumbezug eine äußerst wertvolle Datengrundlage zur Verfügung. Während die gescannten topographischen Karten der Landesvermessung vorzugsweise als Orientie-rungsgrundlage für thematische Karten verwendet werden, bieten die Karten des *Digitalen Landschaftsmodells* (DLM) wesentlich weitreichendere Möglichkeiten zur Auswertung und Vi-sualisierung. So lassen sich aus dem Datenbestand des DLM 25 sehr unterschiedliche Karten-produkte ableiten. Durch die Selektion und Reklassifikation thematischer Inhalte sowie durch die Zuordnung entsprechender Signaturen entstehen Karten, die für einen bestimmten Verwen-dungszweck optimiert sind (vgl. Abb. 10). Zudem lassen sich die ATKIS- Daten – allein oder in Kombination mit anderen Fachdatenbeständen – für unterschiedliche Analysen nutzen.

Digitale topographische Karten oder Orthophotos eignen sich hervorragend zur räumlichen Ori-entierung in den verschiedensten Maßstabsbereichen. Die Daten des *Digitalen Landschafts-modells* (ATKIS DLM) bieten darüber hinaus die Möglichkeit, beliebige kartographische Sichten auf bestimmte Inhalte des DLM zu erzeugen. So lassen sich einzelne Themenbereiche selektiv darstellen, wie beispielsweise Gewässer oder Siedlungsbereiche. Andere Betrachtungsweisen ergeben sich aus einer Aggregation von Inhalten des DLM, wie beispielsweise die Zusammen-fassung von Straßen und Schienenwegen zu „zerschneidenden Landschaftselementen“. Die punkt-, linien- und flächenhaften Elemente des *Digitalen Landschaftsmodells* lassen sich ganz konkret als „amtliche Geometrie“ für Fachdatenbestände verwenden, wenn z.B. in kommunalen Anwendungen für Gewässerabschnitte Unterhaltungsmaßnahmen oder ökologische Bewertun-gen dargestellt werden sollen.

Die ATKIS-DGM 5 (1) - Daten sind nicht direkt in das GIS ARC/INFO® integrierbar, sondern müssen entweder über eine Datenbankschnittstelle (z.B. die Einheitliche Datenbankschnittstelle

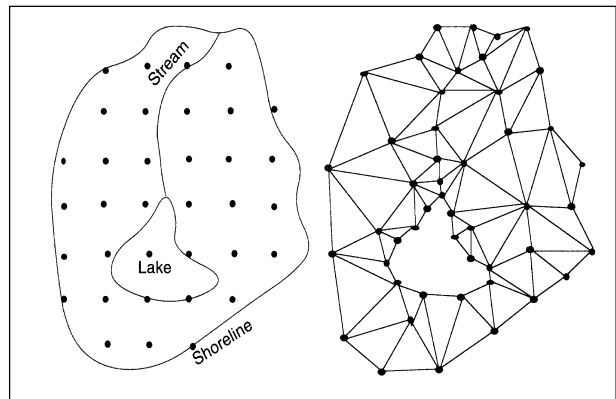
---

<sup>4</sup> DLM 25:        Digitales Landschaftsmodell im ATKIS, das sich an der Topographischen Karte im Maß-stab 1 : 25.000 orientiert; Lagegenauigkeit +/- 3 m.

EDBS des Vorhabens Automatisierte Liegenschaftskarte ALK) eingelesen oder, wie in der vorliegenden Untersuchung geschehen, durch nutzerspezifisches Anpassen der Datensätze umformatiert werden. Hierzu wurden die aus den Originaldaten extrahierten untersuchungsspezifischen Informationen (Nummer, X- Koordinate, Y- Koordinate, Höhe) mittels einer für den UNIX-Editor GNU Emacs entwickelten Programmroutine in das ARC/INFO®- lesbare „*GENERATE*“-Format überführt.

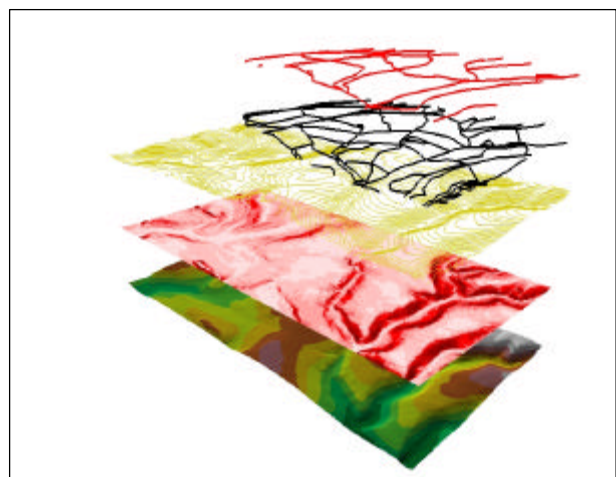
Der eigentliche Aufbau des DGM erfolgte unter Anwendung der ARC/INFO®- internen Routine *ARCTIN*. Hierbei werden die mit dem Befehl *GENERATE* eingelesenen Geländepunkte (und evtl. vorhandene Bruchkantenelemente) mittels „Vermaschung“ in ein unregelmäßiges Dreiecksnetz (TIN, Triangulated irregular network) überführt. Diese TIN- Daten beinhalten neben den ursprünglichen Lage- und Höhenkoordinaten der Punkte weitergehende Informationen zu

**Abb. 8:** Unregelmäßige Dreiecksvermaschung (ESRI®, 1994)



topologischen Beziehungen zwischen den Punkten und Dreiecken. Das so entstandene TIN bildete die Grundlage für alle nachfolgenden reliefbezogenen Analysen, insbesondere für das Generieren von Expositions- und Hangneigungsinformationen (*TINLATTICE*; *LATTICEPOLY* mit den Optionen *ASPECT* bzw. *SLOPE*) sowie das Erzeugen von Höhenlinien (*TINCONTOUR*). Alternativ zu diesem Vorgehen in der Workstation-ARC/INFO®- Umgebung besteht neuerdings die Möglichkeit, mittels der ArcView-GIS- Version 3.1 und entsprechenden Zusatzmodulen (Spatial Analyst) unter Einsatz leistungsstarker PC-Hardware zu den gleichen Ergebnissen zu gelangen (Bsp. s. Abb. 9).

**Abb. 9:** Nördlicher Revierteil Göttinger Wald  
Reliefanalytische Betrachtungen



Die wichtigste reliefanalytische Problemstellung der vorliegenden Untersuchung bezog sich vor dem Hintergrund wegebau technischer Parameter (z.B. Wegelängsneigungen, Böschungsstabilität, Wasserableitung usw.) und nutzungsspezifischer Überlegungen (z.B. Spaziergänger mit Kinderwagen, Krankenfahrräder usw.) auf die möglichst präzise Zuordnung der Gesamtfläche des Forstamtes zu Hangneigungsklassen (Kap. 4.1). Damit wurde u.a. das Ziel verfolgt, Steilhangbereiche mit Hangneigungen > 50% zu lokalisieren, um diese im Verlauf des nachfolgenden Optimierungsprozesses als Kardinalzonen berücksichtigen zu können.

Das Verschneiden der Informationslage „Wegenetz“ mit den Hangneigungspolygonen schuf die Voraussetzung dafür, konkrete Angaben über die Hangneigungen der unmittelbar an den jeweiligen Wegeabschnitt angrenzenden Bereiche machen zu können. Diese Information bildet u.a. die Grundlage des an anderer Stelle beschriebenen Verfahrens des geländeneigungsabhängigen, GIS-gestützten Herleitens der flächenhaften Erschließungswirkung von Wegenetzen (HENTSCHEL, 1995).

Im Ergebnis ließen sich beispielsweise die folgenden praxisrelevanten Fragestellungen formulieren: Wieviel Prozent aller Fahrwege des Forstamtes verlaufen in flachem Gelände (0 – 20% Hangneigung) ? Welche Rückewege befinden sich in Steilhängen mit mehr als 60% Hangneigung ?

### 3.3.2 Digitalisieren der Wege und Abteilungen

Die digitale Erfassung der Wege und Abteilungen des Stadtforstamtes erfolgte unter Einsatz der unter Kap. 3.2 geschilderten Hard- und Software am Institut für Forstliche Biometrie und Informatik der Georg-August-Universität Göttingen. Als Digitalisiervorlage dienten aktuelle Karten des Stadtvermessungsamtes, die sowohl durch ihren Maßstab (1 : 5.000) als auch durch ihre Beschaffenheit (Kopievorlagen aus verzugsfester, durchsichtiger Kunststoffolie) ein höchstmögliches Maß an Genauigkeit und Maßhaltigkeit gewährleisteten. Es wurden drei Kartenblätter verwendet, welche die Fläche des Untersuchungsgebietes abdeckten.

Da die einzelnen Kartenblätter allerdings nicht mit Blattschnittkoordinaten versehen waren, mußten diese Vorlagen vor dem eigentlichen Digitalisieren zunächst durch sog. geographische Kontroll- oder Referenzpunkte (TIC) in ein Koordinatensystem (hier Gauss-Krüger) „eingehängt“ werden. Hierzu wurden markante topographische Punkte des Untersuchungsgebietes (z.B. Gebäudeecken, Straßenkreuzungen o.ä.) in der entsprechenden Deutschen Grundkarte im Maßstab 1 : 5.000 (DGK5) ausgewählt, in den Digitalisiervorlagen markiert und mit den Koordinaten aus der DGK5 versehen. Die Transformation aller digitalisierten Themen (Coverages<sup>5</sup>) in das Gauss-Krüger-Koordinatensystem erfolgte anhand dieser „TICs“.

Ein weiterer Schritt im Vorfeld des Digitalisierens bestand in der Definition einer eindeutigen numerischen Verschlüsselung (Label) für die zu erfassenden Geometrien, wobei es sich im konkreten Fall ausschließlich um linien- (z.B. Wege, Grenzen) und flächenhafte Kartenelemente (z.B. Unterflächen) handelte. Besondere Beachtung galt den dabei auftretenden mehrdeutigen Möglichkeiten der Zuordnung ein und derselben Geometrie zu verschiedenen Datenstrukturen. So kam es z.B. relativ häufig vor, daß ein Weg gleichzeitig Abteilungs- oder Unterabteilungs-

---

<sup>5</sup> Coverage: Eine digitale Kartenversion, welche die Basiseinheit der Vektordatenverwaltung in ARC/INFO® darstellt. In einem Coverage werden Kartendaten als Primärelemente (z.B. Punkte, Linien, Polygone) und Sekundärelemente (z.B. TICs, Blattschnittkoordinaten, Beschriftungen) vorgehalten.

grenze war. Beim Digitalisieren wurde aus Präzisionsgründen streng darauf geachtet, eine Geometrie nur ein einziges Mal zu erfassen, so daß allein eine eindeutige Codierung die Gewähr für eine unmißverständliche Charakterisierung der einzelnen Kartenelemente geben konnte. Tab. 3 verdeutlicht die möglichen Überlagerungen von Flächenbegrenzungen und Wegen und die daraus abgeleiteten, in der vorliegenden Untersuchung zur Anwendung gekommenen Codierungen der einzelnen Kombinationen.

**Tab. 3:** Digitalisierschlüssel für linienhafte Elemente

Flächenbegrenzung		Wege		
		Hauptwege und Zubringer	Rückewege	Fußwege und Schneisen
		1	2	3
<b>Forstamt</b>	<b>10</b>	11	12	13
<b>Abteilung</b>	<b>20</b>	21	22	23
<b>Unterabteilung</b>	<b>30</b>	31	32	33
<b>Unterfläche</b>	<b>40</b>	41	42	43

Die Unterfläche wurde beim Aufbau des geographischen Informationssystems als kleinste abgeschlossene Flächeneinheit gewählt. Bei der numerischen Verschlüsselung der Flächenelemente (Polygone) galt es neben einer unzweideutigen und plausiblen Codierung für die Planungseinheiten der Forsteinrichtung (Abteilung - Unterabteilung - Unterfläche), jede Fläche auch zu den Kategorien Holzboden- bzw. Nichtholzboden zuzuordnen. Um jedes Polygon eindeutig identifizieren zu können, wurde eine siebenstellige Codenummer verwendet, die sich im einzelnen aus drei Komponenten zusammensetzte. Die ersten beiden Ziffern kennzeichnen die laufende Abteilungsnummer (< 100, deshalb zweistellig), mit den folgenden drei Ziffern wurde neben der laufenden Unterabteilungsnummer („a“ = 1, „b“ = 2, „c“ = 3 usw.) auch die Zugehörigkeit zu den Kategorien Holzboden (0xx) bzw. Nichtholzboden (1xx) verschlüsselt, und die letzten beiden Ziffern stehen stellvertretend für die Unterflächennummer.

Folgende Beispiele verdeutlichen die Codierung der Flächenelemente:

- 1.) Abteilung 18 a 2 (Holzbodenfläche HBO):  
Code: 1800102, d.h. 18 (Abteilung) 001 (HBO / Unterabteilung) 02 (Unterfläche)
- 2.) Abteilung 27 b 2 (Nichtholzbodenfläche NHB):  
Code: 2710202, d.h. 27 (Abteilung) 102 (NHB / Unterabteilung) 02 (Unterfläche).

Das Digitalisieren selbst erfolgte nach dem bereits beschriebenen „Einhängen“ der Digitalisiervorlagen in das Gauss-Krüger-Koordinatensystem unter Zuordnung der vordefinierten Labels auf einem A0- Digitalisiertablett vom Typ Calcomp 91600. Parallel mit dem Fortschritt des Digitalisierens der Linien wurden die bereits abgearbeiteten Kartenelemente auf einer beiliegenden analogen Karte gleichen Maßstabes farblich gekennzeichnet, was u.a. das Risiko der Vergabe

von falschen Codierungen minimierte und das Auffinden des aktuellen Bearbeitungsstandes nach Unterbrechungen erleichterte.

Nach dem Abschluß des Digitalisierens wurde zunächst für jedes Kartenblatt separat eine fehlerfreie Topologie<sup>6</sup> mit den ARC/INFO®- internen Routinen *CLEAN* und *BUILD* aufgebaut. Das Zusammenfügen der drei Kartenblätter zur gesamten digitalen Karte des Untersuchungsgebietes erfolgte mit Hilfe der ARC/INFO®- Befehle *EDGEMATCH* und *APPEND*. Aus dem somit entstandenen Coverage wurden nunmehr anhand der Liniencodierungen zum einen alle Flächenbegrenzungen und zum anderen alle Wege extrahiert und in eigenen Coverages unter den Bezeichnungen „ABT“ (= Abteilungsnetz) und „WEGE“ (= Wegenetz) abgespeichert. Diese digitalen Informationslagen bildeten bereits die Basis zur Herleitung erster substantieller Angaben zur Geometrie des Untersuchungsgebietes. Dazu zählen beispielsweise:

- Flächengrößen:        - Forstamt, Reviere, Abteilungen, Unterabteilungen, Unterflächen
- Holzboden, Nichtholzboden
- Wegelängen:         - Gesamtwegelänge,
- Haupt-/ Zubringerwege, Rückewege, Fußwege/ Schneisen.

Die wichtigsten untersuchungsrelevanten topographischen Ausgangsinformationen (DGM, ABT, WEGE) lagen somit in digitaler Form vor. Der nächste Schritt hatte zum Ziel, diese grundlegenden Geometriedaten mit speziellen, vor allem forstfachlichen Sachdaten zu erweitern.

---

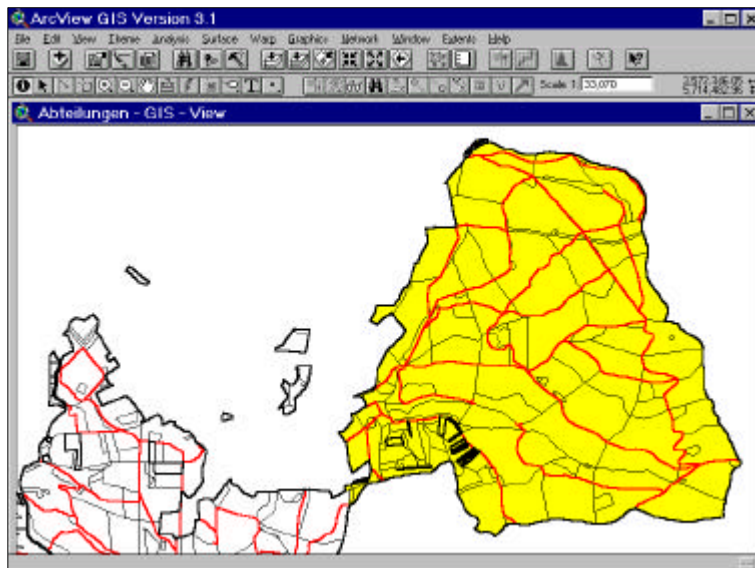
<sup>6</sup> Topologie: Die räumlichen Beziehungen zwischen verbundenen oder benachbarten digitalen Kartenelementen. Topologische Beziehungen werden von einfachen hin zu komplexen Elementen aufgebaut: Punkte (einfachste Elemente) – Linien (eine Anzahl verbundener Punkte) – Polygone (eine Anzahl verbundener Linien) u.a.

### 3.3.3 Aufnahme weiterer relevanter Themenbereiche

Zum Ausfüllen der digitalen Geometrien mit den wichtigsten forstfachlichen Informationen wurden die Daten der aktuellen Forsteinrichtung in das GIS integriert. Hierzu wurden die Urdaten der letzten Forsteinrichtung in Form einer ASCII- Datei vom Forstplanungs- und Beratungsbüro für Forstwirtschaft, Diplom-Forsting. R. Atalay in Balve zur Verfügung gestellt. Diese mußten durch manuelles Editieren in ein Format transformiert werden, welches sich problemlos in die ARC/INFO®- Umgebung einpassen ließ (hier: dBase). Außerdem wurde eine sog. Schlüssel-spalte hinzugefügt, über die alle Forsteinrichtungsdaten mit den entsprechenden Flächengeometrien im GIS verknüpft werden konnten. Im Anhang 1 wird ein Auszug aus der bereits editierten und im GIS integrierten Datentabelle dargestellt, die den Flächeninformationen hinterlegt wurde.

Die Verknüpfung von Geometrie- (Abteilungsnetz) und forstlichen Sachdaten (Forsteinrichtung) ermöglichte detaillierte Analysen, die im konventionellen forstlichen Verwaltungsbetrieb nur mit Hilfe umfangreicher Drucksachen (Bestandeslagerbuch, analoges Kartenmaterial u.ä.) und unter erheblichem manuellen Aufwand realisierbar sind. Folgendes Beispiel gibt einen kleinen Einblick in die Vorteile der strukturierten Abfragegestaltung, bei der die Ergebnisse gleichzeitig sowohl in tabellarischer, als auch in grafischer Form darstellbar sind:

*Im Revierteil „Göttinger Wald“ werden die Flächen gesucht, in denen Bergahorn, 100 Jahre und älter, vorkommt, dessen Gesamtvorrat sowie die im Forsteinrichtungswerk für diese Abteilungen vorgesehene Gesamtnutzung.*



Zunächst werden aus der digitalen Abteilungskarte alle Flächen des Reviers „Göttinger Wald“ selektiert.

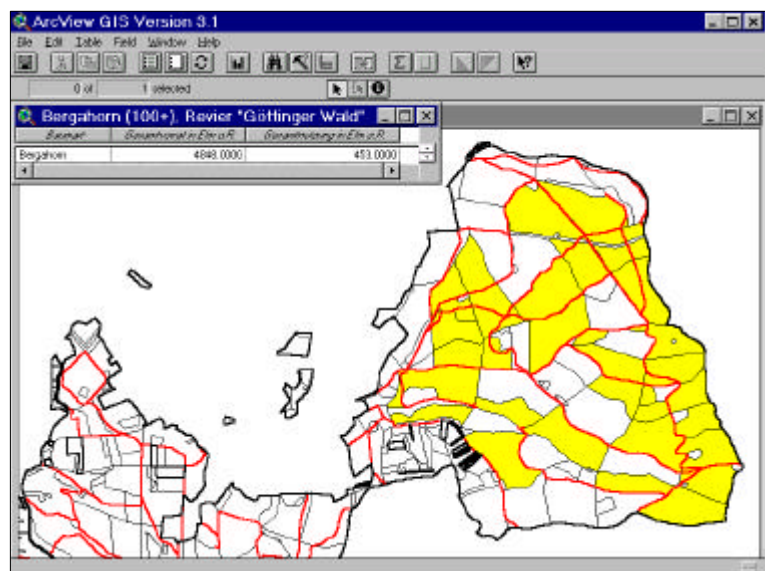
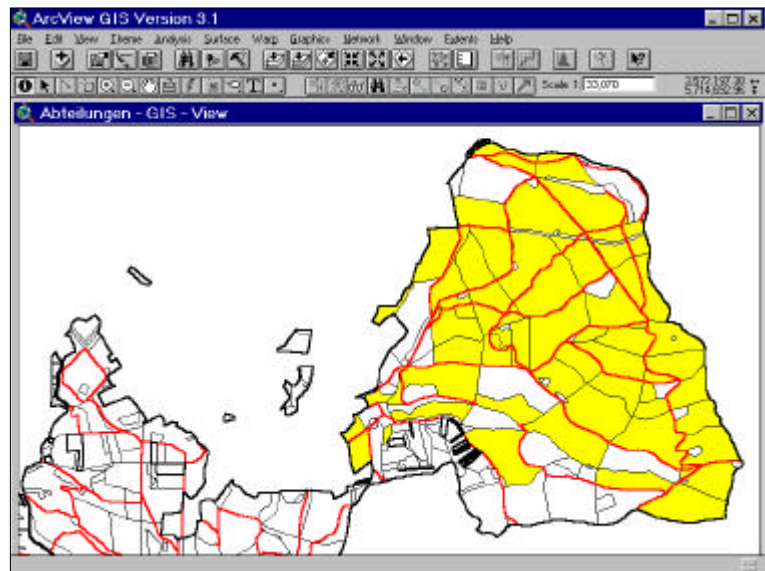


Daran anschließend werden aus dieser Teilmenge alle Flächen ausgewählt, auf denen die Baumart Bergahorn stockt.

Die hierzu notwendigen Abfragen beziehen sich auf die mit den Geometriedaten (digitales Abteilungsnetz) verknüpfte Datentabelle der Forsteinrichtung (vgl. Anhang 1).

Danach werden von den bereits selektierten Flächen nur diejenigen in der Auswahl belassen, die auch das letzte Abfragekriterium ( $\text{Alter} \geq 100$ ) erfüllen.

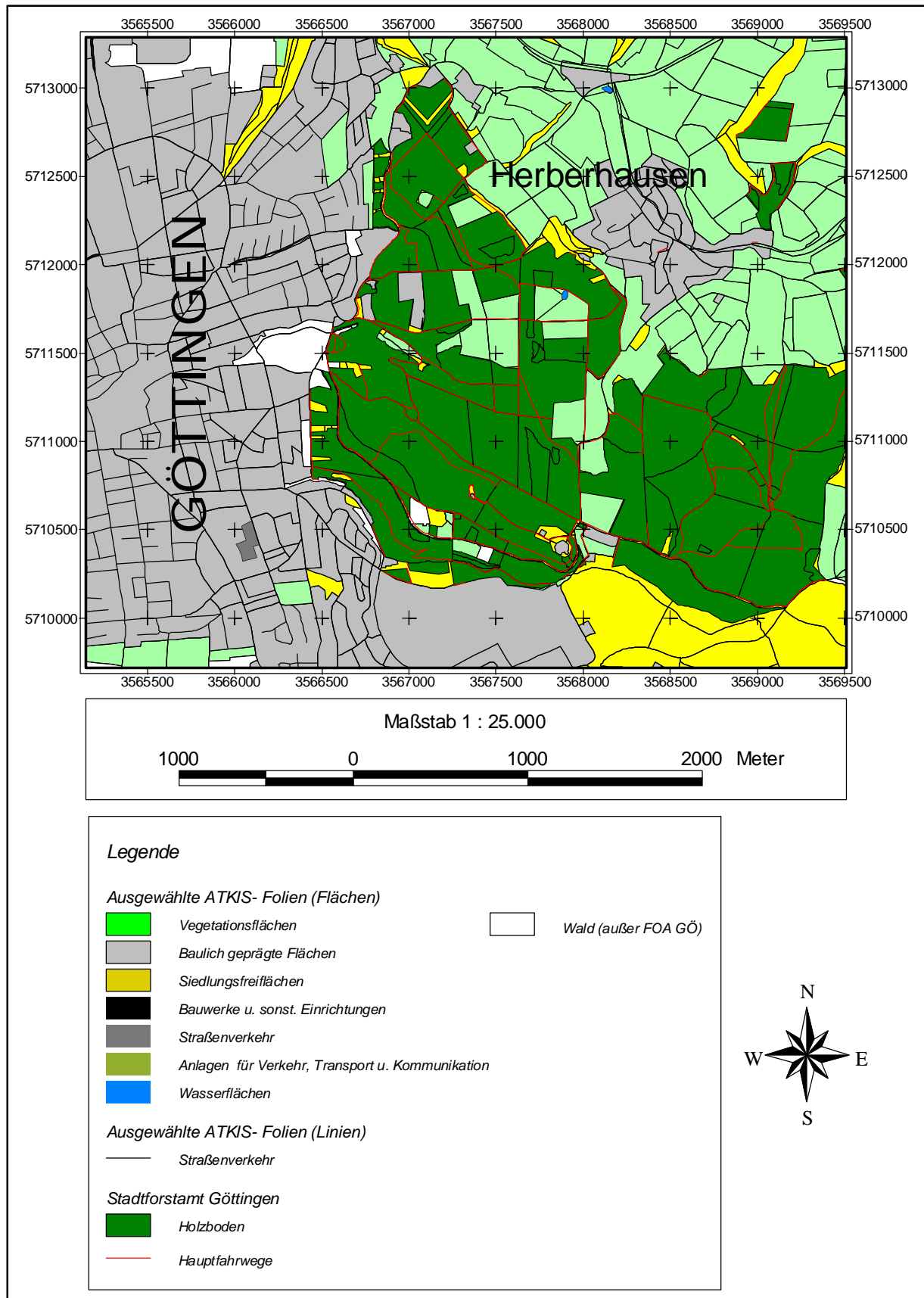
In einem letzten, analytischen Schritt werden die Einzelwerte der gesuchten Größen (Gesamtvorrat und Gesamtnutzung) für die getroffene Auswahl automatisch aufsummiert und liefern somit das gesuchte Ergebnis von 4.848 Efm o.R. Gesamtvorrat und 453 Efm o.R. Gesamtnutzung für den Planungszeitraum.



Derartige Abfrageergebnisse stellen bei gleichzeitiger Berücksichtigung des (digital) vorhandenen Wegenetzes eine äußerst effektive Entscheidungshilfe – beispielsweise bei der Vorbereitung von Holzertemaßnahmen – dar.

Abschließend ist darauf zu verweisen, daß die entstandene Ausgangsdatenbasis jederzeit durch weitere Themenbereiche ausgebaut werden kann (z.B. Boden, Geologie, Klima, Standort, Biotope, Kataster usw.). Bei der sich gegenwärtig ständig erweiternden Fülle an verfügbaren raumbezogenen Informationen ist die Eingliederung solcher Datensätze – sei es durch die Übernahme von externen Anbietern oder durch den Anwender selbst erstellt – aufgrund der offenen Systemstrukturen stets möglich. Als Beispiel hierfür wurde in Abb. 10 ein Kartenausschnitt des Reviers „Hainholz/ Hainberg“ beigelegt. Damit soll auf die Möglichkeiten einer Integration der im Rahmen dieser Arbeit erstellten digitalen Datenbasis in andere Datenstrukturen – hier ein GIS bestehend aus ausgewählten ATKIS- Folien – hingewiesen werden.

**Abb. 10:** Revier Hainberg, Digitale Datenbasis vor dem Hintergrund ausgewählter ATKIS- Folien



Eine intensive Pflege und die laufende Aktualisierung vorhandener Daten müssen die Schwerpunkte eines Datenbankmanagements sein, das dazu beiträgt, das wertvolle Werkzeug GIS im praktischen Betrieb bestmöglich zu nutzen.

### 3.3.4 Verifikation und Korrektur

Nach dem Erstellen der verschiedenen Informationslagen (Abteilungen, Wegenetz, DGM) wurden diese auf ihre sachliche Korrektheit hin überprüft. Dies geschah erstens als stichprobenartige Plausibilitätskontrolle der Daten direkt am Rechner, zweitens durch die ständige Rücksprache mit den zuständigen Verantwortlichen des Forstbetriebes und drittens durch Quervergleiche mit den Angaben der letzten Forsteinrichtung.

Die Plausibilitätskontrollen gestalteten sich derart, daß grafische Darstellungen am Bildschirm bzw. maßstabsgetreue Kartenplots mit analogen Forstamtskarten verglichen wurden. So wurden Flächenbegrenzungen, Wegekategorien und Polygone stichprobenartig auf Lagegenauigkeit und richtige Codierung überprüft.

Die Rücksprache mit den Revierleitern hatte zum Ziel, eventuelle Abweichungen der in den Karten dargestellten Situation von der Realität aufzudecken, zu berichtigen und somit ein möglichst aktuelles und vollständiges Abbild des Status quo zu schaffen.

Schließlich ermöglichten Quervergleiche mit den Daten der aktuellen Forsteinrichtung Rückschlüsse auf die Korrektheit der Datenbasis. Hierzu wurden die Flächengrößen im GIS (Abteilungen, Unterabteilungen, Unterflächen) den entsprechenden Angaben aus dem Flächenbuch des Forsteinrichtungswerkes gegenübergestellt. Grobe Abweichungen waren ein Indiz für mögliche Fehler, dagegen wurden kleinere Differenzen bis zu einem bestimmten Maße toleriert.

### 3.3.5 Herleitung von Erschließungskennziffern

*DIETZ et al. (1984)* heben hervor, daß bei vielerlei Anlässen das Bedürfnis nach einer knappen und eindeutigen Beschreibung der vorhandenen oder geplanten Erschließung eines Waldgebietes oder Forstbetriebes mit Wegen besteht. Die wichtigsten der zu diesem Zweck entwickelten Kennziffern sind die Wegedichte, der Wegeabstand, das Erschließungsprozent und die mittlere Rückeentfernung, wobei sich diese Maßzahlen – wenn nicht ausdrücklich etwas anderes vermerkt wird – stets auf das Netz an Fahrwegen beziehen.

Die nachfolgend beschriebenen Erschließungskennziffern dienten in der vorliegenden Untersuchung zur Charakterisierung von drei verschiedenen Planungssituationen (vgl. Kap. 3.4.1.1):

- |                                 |                                                                                                  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1) Staus quo:</b>            | <i>Gegenwärtiger Zustand der Walderschließung im Untersuchungsgebiet.</i>                        |
| <b>2) Theoretisches Modell:</b> | <i>Planerisches Optimum, ohne Berücksichtigung spezieller forstbetrieblicher Besonderheiten.</i> |
| <b>3) Realkonzept:</b>          | <i>Abgestimmt auf die Besonderheiten des Forstbetriebs.</i>                                      |

## Wegedichte WD, Wegeabstand WA

**Die Wegedichte (WD)** ist nach KUONEN (1983) „das Hauptmaß der Waldstraßenpolitik“. Sie ist im Rahmen der Charakterisierung von Wegenetzen – vor allem wenn es sich um größere Gebiete, wie z.B. Forstbetriebe oder ganze Landesforstverwaltungen handelt – eine geeignete und sehr häufig benutzte Kennziffer, obwohl sie wenig über die Qualität einer Basiserschließung mit Waldstraßen aussagt.

Die Wegedichte (WD) ist als durchschnittliche Wegelänge in Meter (WL) pro Flächeneinheit (Hektar) des Erschließungsgebietes F definiert:

$$WD = \frac{WL}{F} \left[ \frac{\text{m}}{\text{ha}} \right]$$

Es ist darauf zu achten, daß Fahrwege, die zugleich Außengrenzen des Erschließungsgebietes darstellen, nur mit der Hälfte ihrer tatsächlichen Länge in die Berechnung der Wegedichte eingehen (sog. „erschließungswirksame Wegelänge“).

**Der Wegeabstand (WA)** ist die mittlere Entfernung zwischen den Fahrwegen in Meter (DIETZ et al., 1984) oder wie KUONEN (1983) es beschreibt: „... die durchschnittlich kürzeste Verbindung zwischen Straßen“.

Der Wegeabstand, der ähnlich wie die Wegedichte nichts über die Güte von Erschließungsnetzen aussagt, steht mit dieser in folgender Beziehung:

$$WA = \frac{10.000}{WD} \text{ [m]}$$

DIETZ et al. (1984) beurteilen den mittleren Wegeabstand unter topographisch einfachen Verhältnissen mit einer dem Idealmodell nahekommenden Linienführung der Wege gegenüber der Wegedichte als sinnfälligere Kennziffer. Im gegliederten Terrain hingegen besitzt dieser rechnerisch ermittelte Wegeabstand keinen großen Aussagewert. Es wird deshalb empfohlen, den im konkreten Fall für die mittlere Rückeentfernung maßgebenden oder *wirksamen Wegeabstand* ( $WA_w$ ) anhand der folgenden Beziehung zu ermitteln:

$$WA_w = \frac{WA \cdot 100}{E\%} = k_N \cdot WA \text{ [m]}$$

Die Größen E% (Erschließungsprozent) und  $k_N$  (Netzkorrekturfaktor) werden im folgenden näher erläutert.

## Erschließungsprozente

Das Erschließungsprozent ( $E\%$ ) ist das Verhältnis von erschlossener Fläche zur Gesamtfläche eines Waldgebietes oder eines Forstbetriebes in Prozent (*DIETZ et al., 1984*). Es ist in einem realen Erschließungsnetz stets kleiner als 100 und bildet so auch ein Maß für die Abweichung der wirklichen Linienführung von jener im Idealmodell.

Die zur Berechnung dieser Kennziffer notwendigen Erschließungsbandbreiten, die beiderseits parallel der Wege verlaufen, sind variierbar und können dadurch den jeweils gegebenen Betriebsverhältnissen (Reichweite der eingesetzten Rückemittel, Geländeneigung usw.) angepaßt werden. Die im konkreten Fall gewählte Bandbreite sollte aufgrund dieser Variierbarkeit stets bei der Herleitung des Erschließungsprozents explizit angegeben werden.

Für die Charakterisierung der Erschließungssituation mit Fahrwegen wurden für das im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchte Gebiet des Stadtwaldes Göttingen folgende Erschließungsprozente errechnet:

Erschließungsprozent nach *BACKMUND* (1966) -  $E\%_{\text{BACKMUND}}$ :

Die Breite des Erschließungsbandes ist gleich dem mittleren Wegeabstand ( $E\%_{\text{BACKMUND}} = WA/2$ ). Das Erschließungsprozent nach *BACKMUND* ist somit direkt abhängig von der Wegelänge. Bei der Charakterisierung von Wegenetzen bedarf es daher einer vergleichenden Bewertung dieser beiden Kennziffern.

Technisches Erschließungsprozent -  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ :

Die Breite des Erschließungsbandes ist geländeneigungsabhängig. Die Erschließungswirkung eines Fahrweges im Gelände bis 25% Hangneigung wird mit je 150 m beiderseits der Wegeachse angenommen. Steileres Gelände gilt „asymmetrisch“ hangauf bis zu einer Entfernung von 60 m, hangab bis zu 100 m als erschlossen.

Erschließungsprozent lt. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung (1978) -  $E\%_{\text{HESSEN}}$ :

Die Breite des Erschließungsbandes ist geländeneigungsabhängig. Sie beträgt in Lagen bis zu 25% Neigung 300 m zu beiden Seiten des Weges. Auch in steileren Lagen wird sie „symmetrisch“ mit jeweils 125 m angenommen.

## Mittlere Rückeentfernungen

Die mittlere Rückeentfernung (auch Bringungsdistanz oder Transportentfernung) ist die durchschnittliche Distanz vom Fällort der jeweiligen zu nutzenden Bäume zum nächsten Fahrweg (gemessen in Horizontalprojektion, sofern nichts anderes vermerkt ist) und kann nach v. SEGEBADEN (1964) auf verschiedene Weise interpretiert werden (in DIETZ et al., 1984):

Die theoretische mittlere Rückeentfernung im idealen Erschließungsmodell ( $RE_0$ ) ist das arithmetische Mittel der jeweils kürzesten Distanz zum nächsten Fahrweg einer unendlichen Zahl gleichmäßig über das Erschließungsgebiet verteilter Punkte, von denen jeder eine unendlich kleine Fläche repräsentiert. Das ideale Erschließungsmodell nimmt eine ebene oder gleichmäßig geneigte Fläche von quadratischer oder rechteckiger Form sowie parallel zueinander und im gleichen Abstand verlaufende Fahrwege an. Dann gilt bei beidseitigem Rücken (ebenes bis mäßig geneigtes Gelände):

$$RE_0 = \frac{WA}{4} = \frac{2500}{WD} \text{ [m]}$$

sowie:

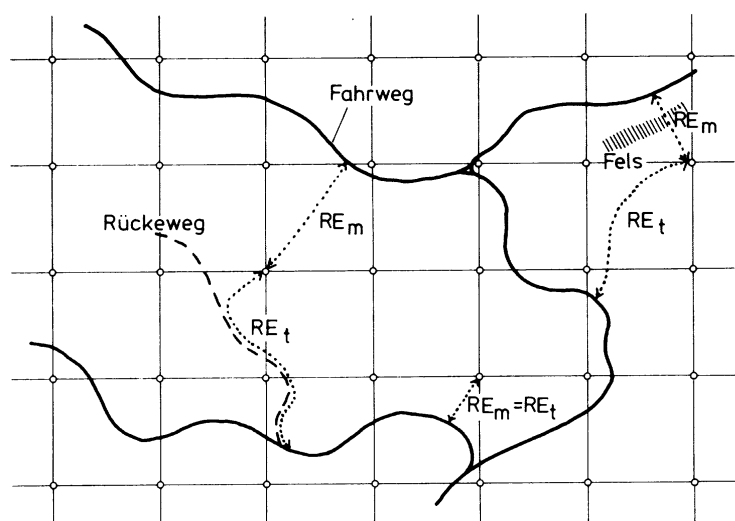
$$RE_0 = \frac{WA}{2} = \frac{5000}{WD} \text{ [m]}$$

wenn nur von einer Seite zum Weg gerückt werden kann (z.B. im Steilgelände oder bei Grenzsituationen).

Die kürzeste mittlere Rückeentfernung in einem realen Erschließungsnetz ( $RE_m$ ) ist das arithmetische Mittel der jeweils kürzesten (geradlinigen) Distanz senkrecht zum nächsten Fahrweg einer unendlichen oder zumindest großen Zahl gleichmäßig über das Waldgebiet verteilter Punkte, von denen jeder eine unendlich oder sehr kleine Fläche repräsentiert.

Zur direkten Herleitung von  $RE_m$  (und  $RE_t$ ) wurde bislang häufig die Punktrastermethode nach v. SEGEBADEN angewandt (Abb. 11). Durch die anhand eines Gitternetzes vordefinierten Stichprobenpunkte wird die jeweils kürzeste Entfernung zum nächsten Fahrweg mit dem Stechzirkel abgegriffen und  $RE_m$  (oder  $RE_t$ ) als Quotient aus der Summe der Einzelentfernungen und der Zahl der Punkte berechnet. Die Zahl der Punkte bzw. die Maschenweite des Gitternetzes richtet sich nach der gewünschten Genauigkeit (DIETZ et al., 1984).

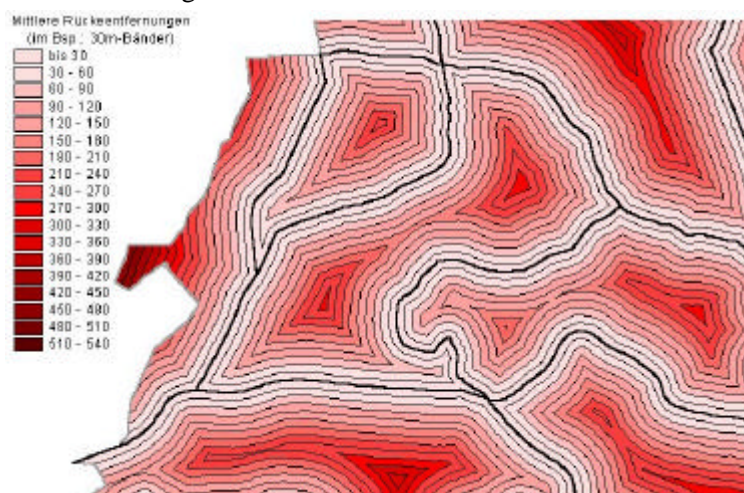
**Abb. 11:** Herleitung der mittl. Rückeentfernung  $RE_m$  mit Hilfe der Punktrastermethode nach v. SEGEBADEN



Eine weitere Möglichkeit zur Herleitung der  $RE_m$  für reale Erschließungsnetze unter Einsatz eines zeitgemäßen, GIS-gestützten Näherungsverfahrens wurde von JAEGER (1995) beschrieben. Es beruht auf einem in der Bayerischen Staatsforstverwaltung entwickelten sog. „Abstandslinienverfahren“ (SCHLAGHAMERSKY, 1985). Der Unterschied zur herkömmlichen Punktrastermethode nach v. SEGEBADEN besteht im wesentlichen darin, daß sich die Berechnung der  $RE_m$  nicht auf Punkte stützt, die „unendlich oder sehr kleine Flächen repräsentieren“, sondern daß die Gesamtfläche des Erschließungsgebietes selbst in die Berechnung eingeht.

Zunächst wird die Gesamtfläche des Erschließungsgebietes im GIS in Zonen (Korridore) mit gleicher  $RE_m$  zum nächsten Fahrweg unterteilt. Dabei geht das Verfahren von der Überlegung aus, daß der Abstand der Mittellinie innerhalb der Korridorfläche zugleich die kürzeste mittlere Rückeentfernung zum Weg repräsentiert. Um alle erschließungstechnisch relevanten Fahrwege werden jeweils gleich breite –

**Abb. 12:** GIS-gestützte Herleitung der mittleren Rückeentfernung  $RE_m$



vom Anwender frei definierbare – Bänder (z.B. 30 m) gebildet (ARC/INFO®- Befehl „Buffer“), bis die gesamte Fläche des Erschließungsgebietes abgedeckt ist. Benachbarte Flächen, die dem gleichen Breitenband zuzuordnen sind, werden anschließend zusammengefaßt (Dissolve), so daß Zonen mit gleicher  $RE_m$  zum nächsten Fahrweg entstehen (0m - 30m, 30m - 60m, 60m - 90m usw.) Innerhalb dieser Zonen ist die  $RE_m$  – in Form der Korridormittellinie – bekannt; im Beispiel der 30m- Zonen beträgt die  $RE_m$  für das erste Band 15 m, für das zweite Band 45 m, für das dritte Band 75 m usw. Abb. 12 veranschaulicht dieses Vorgehen am Beispiel von Arc-View.

Im GIS werden die Gesamtfläche des Erschließungsgebietes und die aufsummierten Flächeninhalte des jeweiligen Korridors ermittelt. Für die einzelnen Breitenbänder berechnet man anschließend die mit der Gesamtfläche des Erschließungsgebietes gewogenen Mittelwerte der mittleren Rückeentfernungen. Die Summe dieser Werte ergibt die gesuchte mittlere Rückeentfernung als „*flächengewogenes Mittel der mittleren Entfernungen der Korridorbreiten*“ (JAEGER, 1995). Anhand des folgenden Rechenbeispiels werden die einzelnen Schritte nochmals zusammenfassend für das sog. Realkonzept verdeutlicht:

#### Vorbereitung

- 1.) Umlegen des geplanten Hauptwegenetzes mit 30m- Bändern bis die gesamte Fläche des Erschließungsgebietes abgedeckt ist – BUFFER
- 2.) Eliminieren aller über das Erschließungsgebiet hinausragender Flächen – CLIP



- 3.) Verschlüsseln der 30 m - Bandpolygone mit dem Mittelwert der jeweiligen Bandbreite (Label) – TABLES.

Berechnung

- 1.) Flächensumme aller **Tab. 4:** Beispiel für die GIS- gestützte Berechnung der RE<sub>m</sub>

	30 m - Bänder = Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes	2.) Flächensumme jedes 30m- Bandes einzeln	3.) Mit der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes gewogenes Mittel für jedes 30m- Band	4.) Summe der gewogenen Mittelwerte = kürzeste mittlere Rückeentfernung RE <sub>m</sub>	Korridorbreite	RE <sub>m</sub> im Korridor	Flächensumme	Gewogenes Mittel
					0 - 30	15	3.139.866,09	3,3023
					30 - 60	45	2.739.252,14	8,643
					60 - 90	75	2.257.415,87	11,8711
					90 - 120	105	1.843.466,40	13,572
					120 - 150	135	1.462.732,13	13,8458
					150 - 180	165	1.086.565,88	12,5707
					180 - 210	195	708.545,84	9,6877
					210 - 240	225	430.226,29	6,7873
					240 - 270	255	236.888,46	4,2355
					270 - 300	285	134.993,96	2,6976
					300 - 330	315	83.296,17	1,8397
					330 - 360	345	52.333,59	1,266
					360 - 390	375	35.271,27	0,9274
					390 - 420	405	22.252,60	0,6319
					420 - 450	435	13.484,02	0,4113
					450 - 480	465	7.971,17	0,2599
					480 - 510	495	4.317,40	0,1498
					510 - 540	525	3.161,33	0,1164
					<b>Summe:</b>		14.262.040,58	<b>92,8154</b>

Die tatsächliche mittlere Rückeentfernung in einem realen Erschließungsnetz (RE<sub>t</sub>) ist das arithmetische Mittel der beim Rücken jeweils tatsächlich zurückgelegten Distanz zum Fahrweg oder Aufarbeitungs- oder Lagerplatz einer unendlichen oder zumindest großen Zahl gleichmäßig über das Waldgebiet verteilter Punkte, von denen jeder eine unendlich oder doch sehr kleine Fläche repräsentiert.

In realen Erschließungsnetzen ist RE<sub>m</sub> stets größer als RE<sub>0</sub> und RE<sub>t</sub> wiederum größer als RE<sub>m</sub>. Diese Zusammenhänge beruhen darauf, daß reale Erschließungsnetze einerseits nicht aus parallelen Wegen gleichen Abstandes bestehen und andererseits das Holz wegen Geländehindernissen und verbleibenden Bäumen nicht entlang der kürzesten Distanz zum nächsten Fahrweg gerückt werden kann. Zur Herleitung der tatsächlichen mittleren Rückeentfernung (RE<sub>t</sub>) führte v. SEGEBADEN (1964) deshalb folgende Korrekturfaktoren ein:

Netzkorrekturfaktor  $k_N$ : (V-corr nach v. SEGEBADEN, 1964):

Er beschreibt die Abweichung von RE<sub>m</sub> gegenüber RE<sub>0</sub>, indem er die Auswirkung einer vom Idealmodell abweichenden Linienführung der Fahrwege auf die kürzeste mittlere Rückeentfernung mißt.



Rückedistanzkorrekturfaktor  $k_R$  (*T-corr* nach v. SEGEBADEN, 1964):

Er beschreibt die Abweichung von  $RE_t$  gegenüber  $RE_m$ , indem er die Abweichung des wirklichen Rückeweges von der kürzesten Distanz zum nächsten Weg erfaßt.

Netz- und Rückedistanzkorrekturfaktor können zum sog. *Gesamtkorrekturfaktor*  $k_G$  zusammengezogen werden (DIETZ *et al.*, 1984):

$$k_G = k_N \cdot k_R$$

Somit ergeben sich folgende Beziehungen zwischen den bislang angeführten Kennziffern zur Charakterisierung der Basiserschließung:

$$RE_m = k_N \cdot RE_0 = \frac{k_N \cdot 2500}{WD} = \frac{k_N \cdot WA}{4} \text{ [m] (zweiseitiges Rücken)}$$

$$RE_m = k_N \cdot RE_0 = \frac{k_N \cdot 5000}{WD} = \frac{k_N \cdot WA}{2} \text{ [m] (einseitiges Rücken)}$$

$$RE_t = k_R \cdot RE_m = k_R \cdot k_N \cdot RE_0 = k_G \cdot RE_0 \text{ [m]}$$

$$RE_t = \frac{k_G \cdot 2500}{WD} = \frac{k_G \cdot WA}{4} \text{ [m].}$$

### **Mehrfacherschließung**

Als mehrfach erschlossen gelten jene Flächen eines Erschließungsgebietes, die sich gleichzeitig mehreren Erschließungsbändern des dazugehörigen Wegesystems zuordnen lassen.

Hierbei sind zwei Fälle zu berücksichtigen: Mehrfacherschließung tritt zum einen im Verlaufe ein und desselben Weges bei Abweichungen von der „idealen“ Form der Geraden (enge Kurven, Kehren, Serpentin) auf und kann zum zweiten bedingt sein durch den Verlauf mehrerer Wege im Verhältnis zueinander (Kreuzungen, Einmündungen, mehrere Wege nebeneinander in geringem Abstand). Der Anteil mehrfach erschlossener Flächen innerhalb eines Erschließungsgebietes steigt also mit der Kurvigkeit und abnehmenden Kurvenradien sowie mit zunehmender Erschließungsbandbreite an.

Die Berechnung des Anteils an mehrfach erschlossenen Flächen innerhalb eines Erschließungsgebietes erfolgt in Anlehnung an die Zusammenhänge des idealen Erschließungsmodells, welches auch die theoretische Grundlage zur Herleitung der Rückeentfernungen bildet. Demnach würde ein Wegenetz das Maximum an Erschließungswirkung dann erreichen, wenn es aus einer Geraden bestehen würde. Diese Konstellation schließt die beiden eingangs erwähnten Fälle aus, daß einerseits Mehrfacherschließungen bedingt durch den kurvigen Verlauf eines Weges in sich auftreten und andererseits eine Überlagerung von Erschließungsbändern benachbarter Wege vorkommt. Der Anteil mehrfach erschlossener Flächen ist im Idealfall Null, die Erschließung ist maximal.

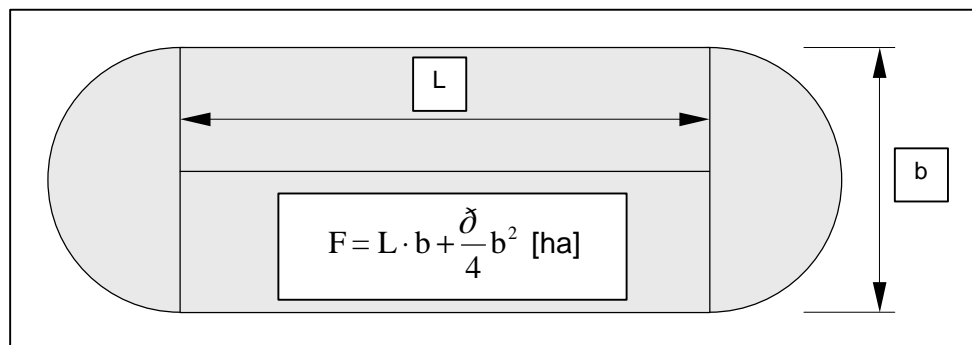
Den einzelnen Planungssituationen Status quo, Theoretisches Modell und Realkonzept entsprechend, wurden jeweils drei verschiedene Gesamterschließungsbandbreiten (b) untersucht:

- in Anlehnung an das Erschließungsprozent nach *BACKMUND*:  $b = WA$ ,
- in Anlehnung an das Technische Erschließungsprozent in ebenen bis mäßig geneigten Lagen (< 25% Hangneigung):  $b = 300$  m
- in Anlehnung an das Erschließungsprozent nach den Hessischen Richtlinien in ebenen bis mäßig geneigten Lagen (< 25% Hangneigung)  $b = 600$  m.

Die bekannte erschließungswirksame Wegelänge L wird als eine Gerade betrachtet und mit der Breite des jeweiligen gesamten Erschließungsbandes b multipliziert. Für den Anfangs- und Endpunkt dieser Geraden wird jeweils die Hälfte der Fläche eines Kreises hinzuaddiert, dessen Durchmesser b entspricht.

In der Abb. 13 werden grafisch die Zusammenhänge verdeutlicht, wonach der Flächeninhalt des Erschließungsbandes einer solchen Referenzgeraden errechnet wird.

**Abb. 13:** Berechnung des Flächeninhaltes eines Erschließungsbandes um eine Referenzgerade

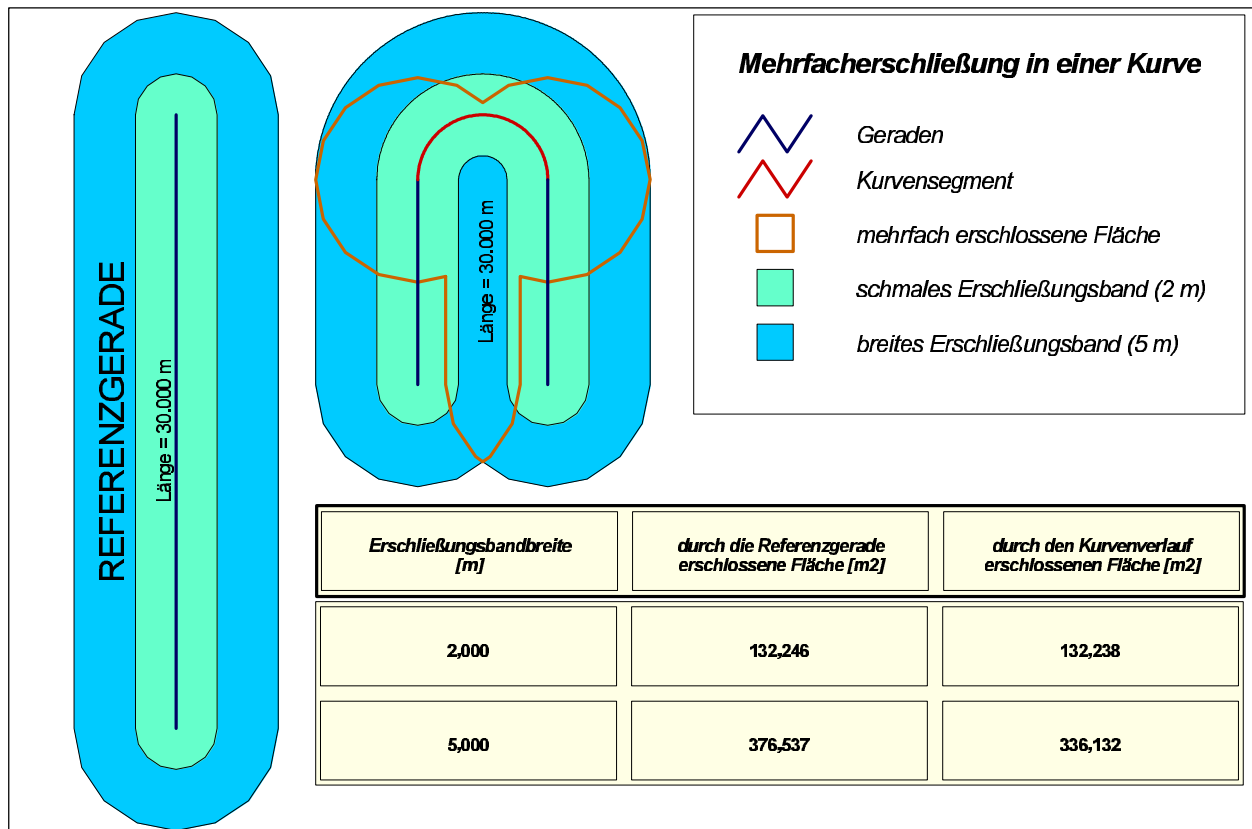


Das in der Abb. 14 dargestellte Beispiel verdeutlicht die Zusammenhänge: Eine Strecke veranschaulicht den Wegeverlauf in einer Kurve durch die Abfolge Gerade – Bogen – Gerade, die zweite Strecke entspricht einer Referenzgeraden von exakt der gleichen Länge (hier: 6,603261 m). Beide Geometrien wurden im GIS gleichermaßen mit jeweils zwei Bändern unterschiedlicher Breite (im Beispiel: schmal = 0,5 m und breit = 1,2 m) umlegt (Buffering). Die genauen Flächeninhalte der so entstandenen Erschließungsbänder sind in der Tabelle zusammengefaßt. Die Schraffuren markieren die durch das jeweilige Streckensegment erschlossene Fläche bzw. die dabei entstehenden Überlagerungen im Falle des breiten Erschließungsbandes.

Der Vergleich der Tabellenwerte zeigt, daß der Flächeninhalt des schmalen Bandes um die Kurvenstrecke nur unwesentlich geringer ist als der maximal erreichbare Wert der durch die Referenzgerade erschlossenen Fläche. Diese Differenz wächst allerdings deutlich bei einer Erhöhung der Bandbreite.

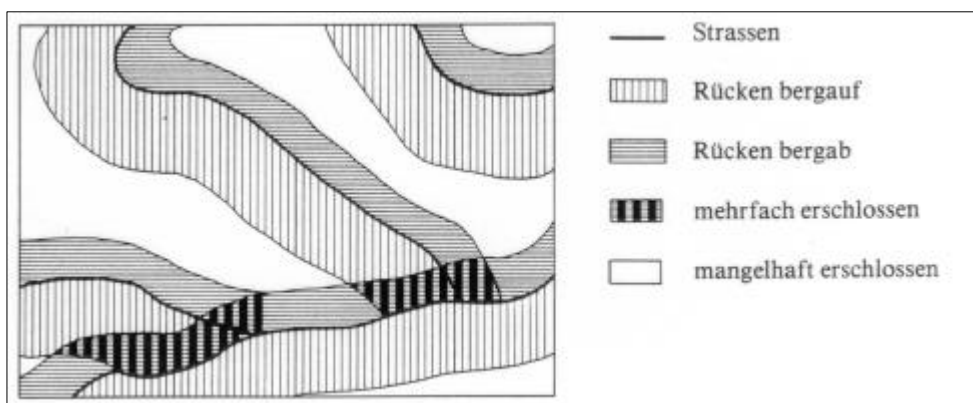
Als Fazit aus diesen Betrachtungen läßt sich ableiten, daß die Differenz zwischen der durch das Wegenetz eines realen Erschließungsgebietes erschlossenen Fläche und der Fläche, die eine Referenzgerade von gleicher erschließungswirksamer Länge erschließt (theoretisch möglicher Maximalwert der Erschließungswirkung), ein geeignetes Maß zum Quantifizieren der Mehrfacherschließung ist.

**Abb. 14:** Mehrfacherschließung in einer Kurve, verglichen mit der maximalen Erschließung einer gleich langen Referenzgeraden



Erschlossene, mehrfach erschlossene und mangelhaft erschlossene Flächen werden in der Abb. 15 auf anschauliche Weise gezeigt. Darstellungen dieser Art eignen sich besonders, um Erschließungskonzepte einfach und verständlich zu erklären (KUONEN, 1983).

**Abb. 15:** Darstellen der Erschließungswirkung (KUONEN, 1983)



### **3.4 Herleiten eines bedarfsorientierten Erschließungsnetzes**

Der Stadtwald Göttingen erfüllt neben seiner forstwirtschaftlichen Funktion eine Vielzahl weiterer, in den letzten Jahren ständig an Bedeutung zunehmender Aufgaben ökologischen und soziologischen Charakters. Wesentliche Wohlfahrtswirkungen für die Stadt bestehen im Hochwasserschutz, im Schutz vor Bodenerosion, als Trinkwasserspeicher, in der Frischluftproduktion und als Fläche für den Artenschutz. Im stadtnahen Landschaftsraum dienen diese Waldflächen vorrangig zur Naherholung der Bevölkerung. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß von den wohnungsnahen Freizeitmöglichkeiten, die sich dem Städter in seiner unmittelbaren Umgebung bieten, der Wald eindeutig bevorzugt wird (VOLK, 1992). Dies gilt auch für Göttingen.

Als Erholungsgebiet muß der Stadtwald vielfältigen Ansprüchen und Nutzungen gerecht werden, um den Erholungssuchenden die Möglichkeit zu bieten, sich körperlich und geistig regenerieren zu können. Aufgrund der gestiegenen Nachfrage nach Wäldern als wohnungsnahem Erholungsraum können Schutz- und Lenkungsmaßnahmen für die Walderholung erforderlich werden. Hierbei ist, ähnlich wie für die Gewährleistung einer naturnahen und nachhaltigen Holzproduktion, eine entsprechende Infrastruktur unabdingbare Voraussetzung. Die Hauptkomponente dieser Infrastruktur ist das Wegenetz im Stadtwald mit allen dazugehörigen Einrichtungen, wie z.B. Parkplätze, Brücken, Durchlässe, Gräben, Randstreifen, Böschungen usw.. Es wird individuell oder in Kollektiven von verschiedenen Nutzern beansprucht, die sich nach ihrer Nutzungsart zwei Hauptkategorien zuordnen lassen:

1. wirtschaftliche Nutzungen (Forstbetrieb, Telekommunikation, Energieversorgung),
2. Freizeit- und Erholungsnutzungen.

Es ergibt sich die Notwendigkeit zur Konzeption eines Wegenetzes, das den Ansprüchen aller potentiellen Interessengruppen weitgehend gerecht wird. Grundsätzlich ist dabei eine Minimierung der Wegenetzdichte sowohl aus ökologischen (Eingriffsminimierung) als auch aus ökonomischen Gründen (Kostenminimierung) anzustreben, was eine Mehrfachnutzung vorhandener Wege bedeutet. Durch die räumliche Überlagerung der verschiedenen Nutzungsarten und (oder) deren Konzentration auf bestimmte Waldflächen können jedoch Konfliktsituationen entstehen, die es einzuschränken bzw. ganz auszuschalten gilt. Dieses Ziel soll durch das Entflechten der unverträglichen Mehrfachnutzungen von Waldwegen durch das Ausscheiden sogenannter Freizeitwege (Wanderwege, Radwanderwege, Reitwege, Joggingstrecken, Mountainbikestrecken, Langlaufloipen o.ä.) erreicht werden. Eine umfassende Evaluierung der qualitativen und quantitativen Bedürfnisse der verschiedenen Nutzergruppen ist eine Voraussetzung zur Lösung dieser komplexen Optimierungsplanung.

Ähnlich wie bei einer Wegenetzoptimierung aus rein forstbetrieblicher Sicht soll der Einsatz eines geographischen Informationssystems auch zur Realisierung dieser umfassenden Zielvorstellungen dienen.

### 3.4.1 Optimieren des Wegenetzes aus forstbetrieblicher Sicht

Die Erschließung eines Waldgebietes kann nach Art und Kombination der Erschließungsmittel, nach der räumlichen Verteilung der Erschließungslinien und nach deren Dichte auf unterschiedliche Weise gelöst werden (DIETZ *et al.*, 1984). Optimal ist jene Lösung, die während eines vorzugebenden Betrachtungs- oder Berechnungszeitraumes (Amortisationszeitraum, bei Forstwirtschaftswegen i.d.R. 30 Jahre) den höchsten Nettonutzen bzw. die vorteilhafteste Nutzen-Kosten-Relation für die Waldbewirtschaftung erwarten läßt, wobei Betrachtungsweisen unterschieden werden, die zum einen nur die finanziell meßbaren Effekte der Erschließung berücksichtigen und zum anderen auch die nicht monetarisierbaren Auswirkungen der Erschließung einbeziehen (DIETZ *et al.*, *ebenda*).

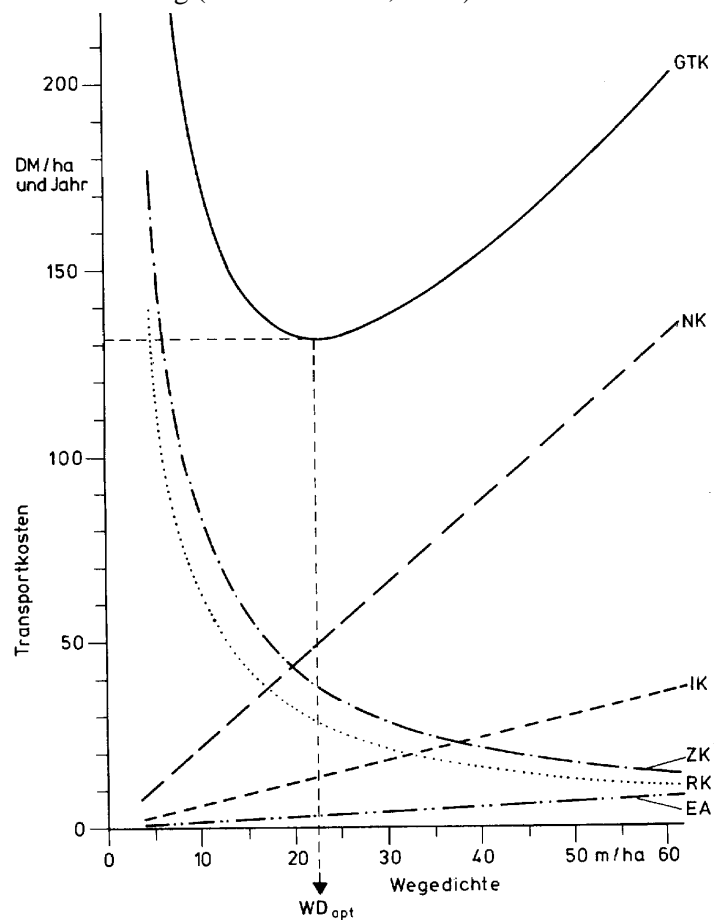
Methodisch sind zwei Wege zur kalkulatorischen Abschätzung der optimalen Erschließung möglich:

1. die analytische Methode, bei der ohne vorherige Trassierung von Erschließungslinien auf rechnerischem Wege die (theoretisch) optimale Wegedichte oder der (theoretisch) optimale Wegeabstand gesucht wird,
2. Bei der empirischen Methode (Variantenvergleich) werden zunächst verschiedene Erschließungsvarianten technisch geplant und sodann untereinander und gegenüber dem Status quo nach Nutzen und Kosten beurteilt.

Der analytischen Herleitung der optimalen Wegedichte nach dem Konzept der Gesamttransportkostenminimierung (siehe Abb. 16)

kommt unter den Verhältnissen des Stadtwaldes Göttingen eine eher geringe Bedeutung zu. Diese Methode wird vorzugsweise dort angewandt, wo noch keine erfahrungs- oder kalkulationsgestützten Vorstellungen über die angemessene Wegedichte vorliegen oder wo diese Vorstellungen stark divergieren. Außerdem sind die Ergebnisse nur für größere, zusammenhängende Waldgebiete aussagekräftig, in denen bisher eine nur wenig intensive Erschließung

**Abb. 16:** Das Konzept der Gesamttransportkostenminimierung (aus DIETZ *et al.*, 1984)



GTK... Gesamttransportkosten,  
NK... Kapitaldienst für Neubaukosten in DM/ha u. Jahr,  
IK... Instandhaltungskosten in DM/ha u. Jahr,  
ZK... Kosten für Zu- u. Abgang in DM/ha,  
RK... entfernungsabhängige Rückekosten in DM/ha u. Jahr,  
EA... Ertragsausfall durch Trassenauftrieb in DM/ha u. Jahr,

durch Wege erfolgte (*DIETZ et al., 1984*). Schließlich werden die gerade für den stadtnahen Erholungswald bedeutsamen, aber nicht in Geldwert ausdrückbaren positiven und negativen Wirkungen der Erschließung bei dieser Methode der analytischen Bewertung über die Gesamttransportkostenminimierung nicht mit einbezogen. Demzufolge sind für den hier untersuchten Fall (Stadtwald Göttingen) Vorstellungen über ein geeignetes und wirtschaftlich sinnvolles Wegenetz nur über eine Einzelplanung zu erreichen. Für weiterführende Informationen zur analytischen Methode der Herleitung der optimalen Wegedichte durch die Gesamttransportkostenminimierung sei an dieser Stelle auf *DIETZ et al. (1984)* und die dort zitierten Literaturquellen verwiesen.

#### 3.4.1.1 Situationsbezogene Einzelplanung

Die hier gewählte Methode zur Optimierung des bestehenden forstbetrieblichen Wegenetzes mit Hilfe der situationsbezogenen Einzelplanung orientierte sich unter anderem an den Erkenntnissen einer Untersuchung in der Privatforstverwaltung Neuenhof im Sauerland (*DEHNING, KEPPLER, 1994; BECKER, JAEGER, HENTSCHEL, 1995*).

Das Ziel der Optimierung ist die Erhaltung bzw. Steigerung der Erschließungsqualität bei gleichzeitiger Absenkung der Fahrwegedichte aus Kostengründen. Hierbei liegt das Schwergewicht der planerischen Umsetzung auf der Integration bereits vorhandener Erschließungslinien in das Konzept des alternativen Fahrwegenetzes und damit auch auf dem Vermeiden von Wegeneubau. Die Neubewertung und Übernahme der Fahrwege des historisch gewachsenen Wegenetzes birgt allerdings immer das grundsätzliche Problem, daß ihre Linienführung innerhalb des zukünftigen Infrastrukturkonzepts nicht in jedem Fall als optimal flächenwirksam zu bewerten ist.

Ausgehend von der Beurteilung des Staus quo des Fahrwegenetzes nach Erschließungskennziffern und räumlicher Verteilung der Wege, vor allem unter der Berücksichtigung von Hauptmagistralen und Anbindungspunkten an das übergeordnete öffentliche Straßennetz, erfolgte eine Transformation des Ausgangszustandes in ein „Optimalmodell“.

Dieses „Optimalmodell“ (Theoretisches Modell) wurde in Absprache mit den verantwortlichen Revierleitern in einem zweiten Schritt an die praktischen Rahmenbedingungen des Forstamtes angepaßt. Diese nachfolgende Planung richtete sich dabei nach den örtlich angepaßten Idealvorstellungen zu Wegestandard, Linienführung und Erschließungsintensität sowie den konkreten Vorgaben und Hinweisen der Betriebsleitung. Diese - die planerische Freiheit eher einengenden Restriktionen - spiegeln sich in den Ergebnissen dieser Planung wider.

Als Ergebnis dieser iterativen Vorgehensweise lag schließlich der auch von der örtlichen Praxis getragene Entwurf eines alternativen forstbetrieblichen Fahrwegenetzes (Realkonzept) vor.

Für die im Zuge der Netzoptimierung ausgeschiedenen Fahrwege, die nicht im Realkonzept erhalten bleiben, stehen bei der mittel- bis langfristigen Realisierung des Entwurfs mehrere Alternativen zur Auswahl:

- Rück- bzw. Umstufung (sog. „funktionale Umwidmung“, vgl. Kap. 4.4):
  - z.B. Fahrweg zu Rücke- oder Freizeitweg,
- Auflassung:
  - Wiedererlangung der Funktion als Holzproduktionsfläche nur sukzessive in langen Zeiträumen,
- aktiver Rückbau:
  - gleichbedeutend mit der kurzfristigen Zurückführung zur Holzbodenfläche oder zu anderen naturnahen Nutzungs- bzw. Landschaftsformen durch technische Maßnahmen.

Der mit dem aktiven Rückbau verbundene Kostenaufwand läßt aus einzelbetrieblicher Sicht diese Lösung als wenig empfehlenswert erscheinen, weil zum einen die Fahrwege noch eine geraume Zeit mindestens einen Teil ihrer bisherigen Funktionen erfüllen können, bis sie aus Gründen der Abnutzung oder anderweitiger zerstörender Einflüsse zu Maschinenwegen oder Waldschneisen degradieren, und weil zweitens zur Zeit für die aktive Renaturierung keine Förderung aus öffentlichen Mitteln zur Verfügung steht.

Die abschließende Bewertung beider Entwurfsvarianten (Optimalmodell und Realkonzept) erfolgte im Vergleich zum Status quo mit Hilfe der bereits beschriebenen Erschließungskennziffern.

### 3.4.2 Konzeption eines Freizeitwegenetzes

Eine multifunktionale, bedarfsorientierte Walderschließung in der Nähe größerer Siedlungsgebiete zeichnet sich dadurch aus, daß analog der Optimierung des forstlichen Wirtschaftswegenetzes ein hinsichtlich Wegedichte und Ausbaustandard angemessenes Angebot an Freizeitwegen gestaltet wird, um der gestiegenen Nachfrage nach Wäldern als wohnungsnahem Erholungsraum gerecht zu werden. Mit einem sinnvoll konzipierten Freizeitwegenetz lassen sich die Besucherströme im Erholungswald gezielt lenken. Dadurch wird bei starker Frequentierung eine flächenhafte Überlastung bestimmter Waldgebiete vermieden.

Für die Planung eines Freizeitwegenetzes im stadtnahen Erholungswald bildet das notwendige bzw. bestehende forstliche Wirtschaftswegenetz die Grundlage.

Konfliktsituationen können entstehen, wenn Gruppen mit verschiedenen Freizeitinteressen und Ansprüchen dieselben Wegeabschnitte nutzen (z.B. MTB und Spaziergänger). Diese Problemfälle sind im Rahmen der Gestaltung eines Freizeitwegenetzes zu lokalisieren und durch geeignete Maßnahmen (z.B. technische Ausgestaltung, Breite oder Beschilderung) oder durch eine möglichst vollständige Entflechtung dieser Nutzungsinteressen zu lösen.

Freizeitwege lassen sich nach bestimmten Kriterien einteilen. *SCHMITT (1981)* schlägt eine Kategorisierung von Freizeitwegen vor, die sich an der bestimmungsgemäßen Fortbewegungsart, am Ausbauzustand, an der Ausstattung sowie an der räumlichen Lage orientiert. Er unterscheidet beispielsweise nach der Fortbewegungsart hauptsächlich Fußwege, Radwege, Reitwege, Klettersteige, Skitouren und Skiabfahrten, Bob- und Rodelbahnen sowie Behindertenwege, wobei er feststellt, daß ein Weg häufig mehreren Verkehrsarten dient.

Andere Autoren, die sich mit der Problematik der Gestaltung von Freizeitwegen beschäftigten, erkannten ebenfalls die Zweckmäßigkeit einer Kategorisierung und nutzten bei ihrer Typologie im wesentlichen die von *SCHMITT (1981)* verwendeten Einteilungskriterien. Stellvertretend hierfür stehen *MEIERHOFER, ZUMBERHAUS (1992)*, die in Zusammenarbeit mit dem schweizerischen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft bei der baulichen Planung von Wanderwegen die Wegkategorien Spazierweg, Wanderweg, Bergwanderweg und Alpine Route unterschieden, ebenfalls unter dem Vorbehalt, daß eine Abgrenzung nicht immer eindeutig vornehmbar sei.

#### 3.4.2.1 Kategorisierung von Freizeitwegen

Unter den Bedingungen des hier untersuchten Göttinger Stadtwaldes erwies sich eine Unterscheidung der Freizeitwege in folgende drei Hauptkategorien der Nutzung als zweckmäßig:

- Spazier- und Wanderwege (incl. Waldsportpfade und Lehrpfade),
- Reitwege und
- Radwege (Radwanderwege und Mountainbikestrecken).



Die Konzeption eines Freizeitwegenetzes für das Gebiet des Göttinger Stadtwaldes beruht im wesentlichen auf den nachfolgend zusammenfassend beschriebenen, allgemeingültigen theoretischen Erkenntnissen.

Freizeitwege sind die wichtigsten Erholungseinrichtungen im Walde. Sie sind allgemein zugänglich, für die erholungssuchende Bevölkerung bestimmt, verlaufen abseits von vielbefahrenen Straßen und erschließen zur Erholung geeignete Gebiete (schöne Landschaften, Aussichtslagen, Ufer, kulturelle Sehenswürdigkeiten usw.). Sie sind an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs angebunden und sollten, wo möglich, eine Doppelfunktion als Wirtschafts- und Freizeitweg erfüllen. Als Maßnahme zur Besucherlenkung ermöglichen Freizeitwege ein Umgehen von empfindlichen Biotopen sowie Schutz- und Ruhebereichen.

Es ist immer zweckmäßig, in parzellierten Waldgebieten zwingend, ein Freizeitwegenetz mit benachbarten Besitzern gemeinsam zu planen. Außerdem sollten Vertreter der jeweiligen Interessengruppen (Forstamt, Stadt- oder Gemeindeverwaltung, Vereine, Reiterhöfe, untere Verkehrsbehörde usw.) beteiligt werden. Gegebenenfalls kann eine Koordination durch Landkreise oder Träger von Naturparks erfolgen. Für größere, vielbesuchte Waldgebiete sollten thematische Karten veröffentlicht und laufend aktualisiert werden.

Bei der Planung und Realisierung von Freizeitwegebauten sollten vor allem folgende Parameter berücksichtigt werden:

- Wirtschaftlichkeit (Bau- und Unterhaltskosten),
- Wegkategorie, Ausbaustandard (Sicherheit, Komfort),
- Einpassung in die Landschaft,
- Geländesicherung (Erosionsschutz),
- Zugänglichkeit und zur Verfügung stehende Mittel (Personal, Finanzen, Maschinen und Geräte).

Ergänzend zu diesen allgemeinen Grundsätzen der Planung von Freizeitwegen gilt es, einige spezifische planungsrelevante Besonderheiten der Nutzungskategorien Reitwege und Radwege zu beachten.

### **Reitwege**

Bei der gemeinsamen Nutzung des Freizeitwegenetzes durch verschiedene Interessengruppen wachsen durch die zunehmende Zahl der Spaziergänger, Radfahrer, Reiter und Feiertagsbesucher die Konfliktsituationen allgemein, insbesondere aber auch diejenigen zwischen den Reitern und den anderen Gruppen von Erholungssuchenden. Probleme entstehen meistens dann, wenn in stark frequentierten Gebieten kein separates Reitwegenetz ausgewiesen wird bzw. die Reiter sich nicht an ein solches halten. Ist das Reitwegenetz genügend lang und attraktiv, so darf angenommen werden, daß die Tendenz gering sein wird, auf Wegen zu reiten, die aus den verschiedensten Gründen keine Benutzung durch Reiter zulassen. Hierbei ist zu beachten, daß eine unbegrenzte Ausdehnung des Reitwegenetzes nicht möglich ist. Die Überzahl von Wegen

würde den Waldcharakter gefährden und dem Fußgänger könnten keine ausreichend durchgängige Wegenetze erhalten werden (KERZ, 1973).

Das *NIEDERSÄCHSISCHE MELF* (1994) empfiehlt, ein Reitwegenetz in Dichte und Ausbaugrad dem jeweiligen Bedarf anzupassen, ohne jedoch konkrete Kennziffern zur Quantifizierung dieses Bedarfs zu nennen. Die Gestaltung des Wegenetzes soll sich demzufolge nach den örtlichen Gegebenheiten richten und entwicklungsfähig sein. In den meisten Fällen sollte es möglich sein, auf die Neuanlage spezieller Reitwege zu verzichten und diese dafür auf vorhandene, für den Forst- und Wanderbetrieb weniger wichtige Wege, insbesondere unbefestigte Rückwege oder Schneisen zu legen. In Einzelfällen lassen sich Wander- und Reitbetrieb räumlich nicht trennen. Dann muß man Wander- und Reitwege nebeneinander legen, sollte sie jedoch deutlich voneinander abgrenzen. Erholungsschwerpunkte mit dichtem Spazierwegenetz, mit Spielplätzen, Liegewiesen u.ä. schließen ein zusätzliches Reitwegenetz nicht unbedingt aus. Hier ist aber eine besonders gründliche Planung notwendig. Möglichst wird man Ortslagen und Kurgebiete mit Rundreitwegen umgehen. Ausgewiesene und beschilderte Wanderwege sind zu meiden. Reitwege sollten an Ausgangspunkten (Reiterhöfe, Parkplätze) so angeknüpft werden, daß den Reitern die Benutzung oder Kreuzung von Verkehrsstraßen möglichst erspart wird und sich günstige Kombinationen von Wegen zu Rundritten ergeben. Fernritte sollten ermöglicht werden durch Anschluß an benachbarte, für Reiter erschlossene Waldgebiete. Kreuzungen verschiedener Reitwege lassen sich als Zielpunkt mit Anbindeplätzen ausbauen.

### **Radwege (Radwanderwege und Mountainbikestrecken)**

Betrachtet man die Problematik der Radwege, so sind die gegenüber den übrigen Nutzern unterschiedlichen Ansprüche von Radfahrern im Rahmen von infrastrukturellen Planungen zu beachten. Ähnlich wie im Falle der Reiter kann es bei der gemeinsamen Nutzung von Wegen im stadtnahen Erholungswald zwischen Radfahrern und allen anderen Gruppen von Erholungssuchenden zu Konflikten kommen. BRACHER (1997) beispielsweise empfiehlt im Hinblick auf die Überlagerungsmöglichkeiten von Wander- und Radwegen, den Mischverkehr mit Fußgängern nur nach sorgfältiger Abwägung zuzulassen, wobei die Sicherheit älterer Verkehrsteilnehmer und Kinder im Vordergrund stehen muß.

Die bewußte Lenkung des Radverkehrs kann dazu beitragen, das zweifellos vorhandene Konfliktpotential zu verringern. In diesem Zusammenhang wird die Ausscheidung eines separaten Radwegenetzes als eine Möglichkeit gesehen, dem berechtigten Interesse der Radfahrer nach Bewegung in freier Natur Rechnung zu tragen. In den meisten Fällen wird es jedoch nicht möglich sein, ein völlig neues Radwegenetz zusätzlich zur bereits bestehenden Infrastruktur praktisch zu realisieren. Man wird deshalb nach Kompromißlösungen suchen, die auf der Basis der bereits bestehenden Wege aufbauen. TOY (1995) bemerkt hierzu folgendes: „*Ein zweites Netzwerk für den Radverkehr wird niemals so groß sein wie das bestehende Straßennetzwerk. Viele Straßen wurden bereits vor dem Aufkommen des motorisierten Verkehrs benutzt und verlaufen*

*für nichtmotorisierte Fahrzeuge optimal bzgl. Routenlänge und Steigungen. Deshalb können getrennte Routen höchstens bestehende Straßen ergänzen, z.B. als Abkürzungen, oder als Alternativen für Straßen, die von Radfahrern wegen Unattraktivität oder Gefährlichkeit gemieden werden.“*

#### 3.4.2.2 Expertenbefragung als Instrument zur Erhebung von Daten über Freizeitwegenetze

Während für die Charakterisierung von forstlichen Wegenetzen eindeutig definierte Kennziffern (Wegedichte, Wegeabstand, Erschließungsprozent, mittlere Rückeentfernungen u.ä.) entwickelt wurden und daraus klare qualitative und quantitative Zielvorstellungen abzuleiten sind, fehlen in der Fachliteratur derartig konkrete Informationen für Freizeitwegenetze. Um zuverlässige Angaben hinsichtlich optimaler Wegedichte, Qualität (Ausbaustandard) und Möglichkeiten der Überlagerung verschiedener Nutzungsarten zu erhalten, müssen die Ansprüche der einzelnen Nutzergruppen an ein Wegenetz bedarfsorientiert analysiert werden. Ziel ist es, durch die optimale Kombination von Wirtschafts- und Freizeitwegen im Stadtwald Göttingen ein multifunktionales Wegenetz zu konzipieren, das unter Berücksichtigung von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten einen Kompromiß zwischen den verschiedenen Nutzerpräferenzen darstellt. Hierbei ist zu klären, inwieweit sich der Bedarf an Freizeitwegen überhaupt quantifizieren läßt.

Daten über die Freizeitnutzung von Wegen in stadtnahen Waldungen können erhoben werden, indem man sich der Methoden der empirischen Sozialforschung bedient. Als Zielgruppe kann generell die gesamte ortsansässige Bevölkerung inklusive der zum jeweiligen Zeitpunkt in der Stadt und den umliegenden Gemeinden weilenden Gäste gelten, da all diese Personen als potentielle Nutzer des Wegenetzes im Stadtwald in Frage kommen können. Eine umfassende Erhebung für diese Zielgruppe würde jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit bei weitem sprengen. Deshalb wurde der Weg gewählt, repräsentative Vertreter der verschiedenen Hauptnutzergruppen als Experten entsprechend des Untersuchungszieles zu befragen. Im einzelnen handelt es sich dabei z. B. um die Vorsitzenden der örtlichen Reiter- und Wandervereine, Fachpersonal der Stadtverwaltung, Mitarbeiter des Forstamtes, Jäger usw..

Nach der Klärung der Fragen: „Was soll erfaßt werden?“ und „Warum soll erfaßt werden?“ bedarf es eines näheren Eingehens auf die Instrumente zur Realisierung der Datenerhebung („Wie soll erfaßt werden?“). Aus der Vielfalt der in der Literatur detailliert beschriebenen Erfassungsverfahren wurde für die vorliegende Untersuchung die Befragung als geeignetes Mittel zur Datenerhebung ausgewählt. *„Das formale Ziel einer Befragung muß sein, eine möglichst hohe Gemeinsamkeit in der Kommunikation zu erreichen. Eine solche ist Indiz dafür, daß das Ungleichgewicht der Motivation (der Interviewer ist stärker interessiert, Antworten zu erhalten, als der Befragte, solche zu geben) verringert und die Gültigkeit einer Meinungsstruktur höher wird.“*

(ATTESLANDER, 1993) Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte Erhebung beruht im wesentlichen auf der von (ATTESLANDER, 1993) dargestellten Befragungsmethodik.

Er unterscheidet insgesamt sieben Befragungstypen (Tab. 5), von denen hinsichtlich des hier diskutierten Untersuchungszieles die unter Typ 3 aufgeführten Kategorien Leitfadengespräch und Expertenbefragung als günstig und angemessen ausgewählt wurden. Sie sind sowohl zum Erfassen qualitativer Aspekte („Interpretieren“) als auch quantitativer Aspekte („Messen“) geeignet und durch eine im Vergleich zu stark strukturierten Befragungen hohe Reaktivität gekennzeichnet. Leitfadengespräche und mündliche Expertenbefragungen gehören zu den teilstrukturierten Befragungstypen. Hierzu führt der Autor aus: *„Bei der teilstrukturierten Form der Befragung handelt es sich um Gespräche, die aufgrund vorbereiteter und vorformulierter Fragen stattfinden, wobei die Abfolge der Fragen offen ist. Die Möglichkeit besteht wie beim wenig strukturierten Interview, aus dem Gespräch sich ergebende Themen aufzunehmen und sie von den Antworten ausgehend weiter zu verfolgen. In der Regel wird dazu ein Gesprächsleitfaden benützt.“* (ATTESLANDER, 1993)

**Tab. 5:** Typen der Befragung (ATTESLANDER, 1993)

	Kommunikationsform			
	Wenig strukturiert	Teilstrukturiert	Stark strukturiert	
Kommunikation mündlich	Typ 1 - informelles Gespräch - Experteninterview - Gruppendiskussion	Typ 3 - Leitfadengespräch - Intensivinterview - Gruppenbefragung - Expertenbefragung	Typ 5 - Einzelinterview (telef. Befragung) - Gruppeninterview - Panelbefragung	Typ 7 (mündl. und schriftl. kombiniert) - telefonische Ankündigung des Versandes von Fragebogen
Kommunikation schriftlich	Typ 2 - informelle Anfrage bei Zielgruppen	Typ 4 - Expertenbefragung	Typ 6 - postalische Befragung - persönliche Verteilung und Abholung - gemeinsames Ausfüllen von Fragebogen - Panelbefragung	- Versand oder Überbringung der schriftl. Fragebogen - telef. Kontrolle, evtl. telef. Ergänzungsbefragung

Eine spezielle Form von Leitfadenbefragungen stellen die Expertenbefragungen dar. Einzelpersonen, die im Umgang mit den Probanden Erfahrung haben, werden anhand von Leitfaden mündlich befragt. Oftmals ist nicht von vornherein klar, wer für die entsprechenden Untersuchungsziele als Experte gelten kann. Deshalb sind oft wenig strukturierte Befragungen Voraussetzung zur Identifizierung von Experten.

Zur Gestaltung von Leitfadengesprächen schreibt ATTESLANDER (1993): *„Wesentlich bei Leitfadengesprächen ist die Fähigkeit der oder des Forscher(s), zentrale Fragen im geeigneten Moment zur Diskussion zu stellen. Es ist dabei wichtig, eine Reihe von Schlüsselfragen oder Eventualfragen in allen Gesprächen zu stellen (FRIEDRICHS, 1973). Je weniger strukturiert ein Leitfadengespräch abläuft, desto eher kommt es zu einem „Prozeß permanenter spontaner Operationalisierung“ (HOPF, 1978). Wichtig ist nicht nur der Ablauf des Leitfadengespräches, sondern*

*auch seine Wiedergabe: Leitfadengespräche werden entweder durch Notizen des Interviewers während der Befragung oder durch Anfertigung von Gedächtnisprotokollen nach der Befragung protokolliert oder durch Tonbandaufzeichnungen konserviert. Beim Leitfadengespräch können Fragen zwar schriftlich vorgegeben sein, sie werden jedoch flexibel gehandhabt. Die Abfolge wird stark beeinflusst von der verbalen Wiedergabe des Erfahrungsbereiches durch den Befragten. Es ist üblich, daß vorgesehene Fragen nicht gestellt werden müssen, da sie sich aus dem Gespräch ergeben.“*

Nach der Identifikation der Hauptnutzungsgruppen und der Auswahl von repräsentativen Vertretern wurde das praktische Vorgehen zur Datenerhebung mit Hilfe von Leitfadengesprächen im vorliegenden Fall in folgende fünf Phasen unterteilt:

- Ausarbeiten eines teilstrukturierten Leitfadens;
- telefonische Kontaktaufnahme, Vorinformation zur Klärung der Gesprächsbereitschaft und zur Terminabsprache;
- auf Wunsch Zusenden einer schriftlichen Vorinformation;
- Leitfadengespräch und
- Auswertung.

Da bei Experten vorausgesetzt werden kann, auf kompetente Gesprächspartner zu treffen, wurden vorzugsweise offene Fragen gestellt. *ATTESLANDER (1993)* bezeichnet als Offenheit bzw. Geschlossenheit den Spielraum, der dem Antwortenden gelassen wird. Die offene Frage enthält keine festen Antwortkategorien. Die befragte Person kann ihre Antwort völlig selbständig formulieren und der Interviewer hat die Aufgabe, die Äußerungen der Auskunftsperson so genau wie möglich zu notieren; diese werden erst später bei der Auswertung bestimmten Kategorien zugeordnet. Offene Fragen helfen, Unwissenheit, Mißverständnisse, unerwartete Bezugssysteme zu entdecken. Sie können auch den Gesprächskontakt und das Interesse am Interview fördern, weil sie einer alltäglichen Gesprächssituation nahekommen. Der Befragte fühlt sich im eigenen Urteil ernst genommen. Aus diesem Grunde ziehen vor allem gut informierte Personen mit eigener Meinung offene Fragen vor (*ATTESLANDER, 1993*).

Der nächste Schritt bestand darin, die Probanden telefonisch zu kontaktieren. Mit einer kurzen Vorstellung der Person des Interviewers und des Untersuchungszieles wurde diese erste Kontaktaufnahme eingeleitet. Unter Berufung auf die wissenschaftliche Zielsetzung der Untersuchung, welche unter anderem auch im Interesse der Stadt Göttingen steht, war es relativ einfach, die entsprechenden Experten für eine Befragung zu gewinnen. Nachdem der Befragte seine generelle Gesprächsbereitschaft signalisiert hatte, folgte die Terminabsprache mit dem Hinweis, daß eine schriftliche Vorinformation auf Wunsch zugesandt werden könne.

Die schriftliche Vorinformation (Muster siehe Anhang) wurde bezüglich ihres Umfangs so knapp wie möglich gehalten und enthielt im wesentlichen folgende Punkte:

- Bezugnahme auf das Telefonat und Dank für die Gesprächsbereitschaft,

- Terminbestätigung sowie Kurzdarstellung des Untersuchungszieles,
- Themenkomplexe der bevorstehenden Befragung und Gesprächsdauer,
- Versicherung der Anonymität des Befragten bei der Auswertung der Ergebnisse.

Das eigentliche Gespräch beruhte auf einem hierzu erstellten Leitfaden (Beispiel siehe Anhang), der im wesentlichen folgende strategische Aspekte berücksichtigte: Fragen zum gleichen Themenkreis folgen nacheinander, damit der Befragte nicht zu ständigen Gedankensprüngen gezwungen wird. Dabei folgt das Besondere nach dem Allgemeinen, das Unvertraute nach dem Vertrauten, das Komplizierte nach dem Einfachen. *RICHARDSON et al. (1965)* fassen hierzu zusammen: *„Fragen, welche das Interesse des Befragten am ehesten zu wecken vermögen, werden zu Beginn gestellt. Wenn sein Interesse geweckt ist und er sich am Interview zu beteiligen beginnt, wird er eher bereit sein, auf Fragen, welche ihn weniger interessieren oder welche mehr Überlegungen und Anstrengungen verlangen, zu antworten. Die mehr herausfordernden oder heiklen Fragen werden gegen das Ende der Untersuchung gestellt, damit (a) während dem Ablauf des Interviews der Befragte in seinem Zutrauen zum Interviewer bestärkt wird und daher eher geneigt ist, auf heikle Fragen einzugehen, und damit (b), wenn der Befragte bei heiklen Fragen stutzig und in seinen Antworten zurückhaltend wird oder das Interview beendet, dann der Interviewer wenigstens Antworten auf die früheren unproblematischen Fragen erhalten hat.“*

Bei der Ausarbeitung des teilstrukturierten Leitfadens wurde eine Gesprächsdauer von ca. 45 Minuten einkalkuliert. Fragen wurden vorformuliert und an Testpersonen überprüft. Die von *SCHNELL et al. (1988)* in Anlehnung an Dillmann, Louverse und Preber aufgestellten Faustregeln zur Frageformulierung wie z.B. einfache Worte, kurze Formulierungen, konkrete Begriffe, neutrale Formulierungen, keine doppelten Negationen o.ä. fanden Berücksichtigung.

Im Vorfeld der einzelnen Befragungen wurden mit dem GIS ARC/INFO® Übersichtskarten erzeugt, die das bestehende Wegenetz im Untersuchungsgebiet veranschaulichten. Durch das Einbeziehen dieser Unterlagen in die Interviews wurde den Probanden die Möglichkeit gegeben, bestimmte Sachverhalte anhand der Karten zu erläutern und gegebenenfalls in diese einzzeichnen. Dieses Vorgehen erwies sich nicht nur während der eigentlichen Gespräche, sondern auch bei der späteren Auswertung der Protokolle als ein wertvolles Hilfsmittel.

Die der jeweils erwarteten Gesprächssituation angepaßten und schriftlich vorbereiteten Fragen des Leitfadens dienten dem Interviewer als Orientierung. Generell wurde Wert darauf gelegt, die Ansichten der Befragten im Rahmen einer gelösten, aufgeschlossenen Kommunikation zu erfahren. Während der Interviews wurde versucht, flexibel auf die jeweiligen Angaben des Befragten zu reagieren. Damit sollte der Gesprächsfluß aufrechterhalten werden, ohne jedoch vom Thema abzuschweifen.

Der Leitfaden selbst wurde in folgende Abschnitte untergliedert (Beispiel s. Anhang 8):

- Einleitung

- Wegedichte und Nutzungsintensität; Wegequalität
- Nutzungsüberlagerungen, mögliche Konflikte und ihre Vermeidung
- Abschluß.

### 3.4.3 Optimieren der Nutzungsüberlagerungen

Wie bereits dargestellt, ist das bestehende bzw. geplante forstliche Wirtschaftswegenetz im stadtnahen Erholungswald die Ausgangsbasis für die Planung von Freizeitwegen.

In der vorliegenden Untersuchung wird als Ergebnis des forstbetrieblichen Optimierungsansatzes ein Wegekonzept entwickelt, das dem Bestreben des Forstamtes nach Kostenminimierung durch eine deutliche Reduktion der vorhandenen Wegedichte Rechnung trägt. Dieses optimierte forstliche Wirtschaftswegenetz bildet zugleich die Grundlage für die zu erarbeitenden Vorschläge hinsichtlich der Gestaltung von Freizeitwegen. Das Ziel ist eine den gegebenen Umständen entsprechende, möglichst umfassende Befriedigung der Nachfrage nach Freizeitwegen, wobei dieser Bedarf zunächst in einer geeigneten Form zu quantifizieren war. Die hier durchgeführte Bedarfsanalyse stützt sich im wesentlichen auf die Ergebnisse des Fachliteraturstudiums und der Expertenbefragungen (siehe Kap. 2.2, Kap. 3.4.2, Anhang 6).

Bei der Optimierung der Nutzungsüberlagerungen handelt es sich um einen iterativen, GIS-gestützten Planungsprozeß. Dabei wird grundsätzlich die Bündelung, d.h. Überlagerung von „verträglichen“ Nutzungsinteressen auf geeigneten Wegeabschnitten, angestrebt. Diese Mehrfachnutzung trägt zur Begrenzung der Kosten für Wegeausbau und -instandhaltung bei, minimiert zugleich die Eingriffe in die Landschaft und verringert den Einfluß von Störfaktoren auf das Waldökosystem. Eine räumliche Trennung wird nur für konfliktträchtige Nutzungen in Betracht gezogen. Die Entscheidung darüber, welche der Hauptnutzungen als untereinander verträglich bzw. als konfliktträchtig einzustufen sind, wurde wiederum anhand der Erkenntnisse aus den Expertenbefragungen und des Fachliteraturstudiums getroffen.

Die Qualität des so schrittweise zu entwickelnden multifunktionalen Wegekonzeptes wird schließlich danach beurteilt, inwieweit beide Zielkomponenten - Kostenminimierung aus forstbetrieblicher Sicht und nutzerspezifische Bedarfsdeckung an Freizeitwegen - erreicht werden.

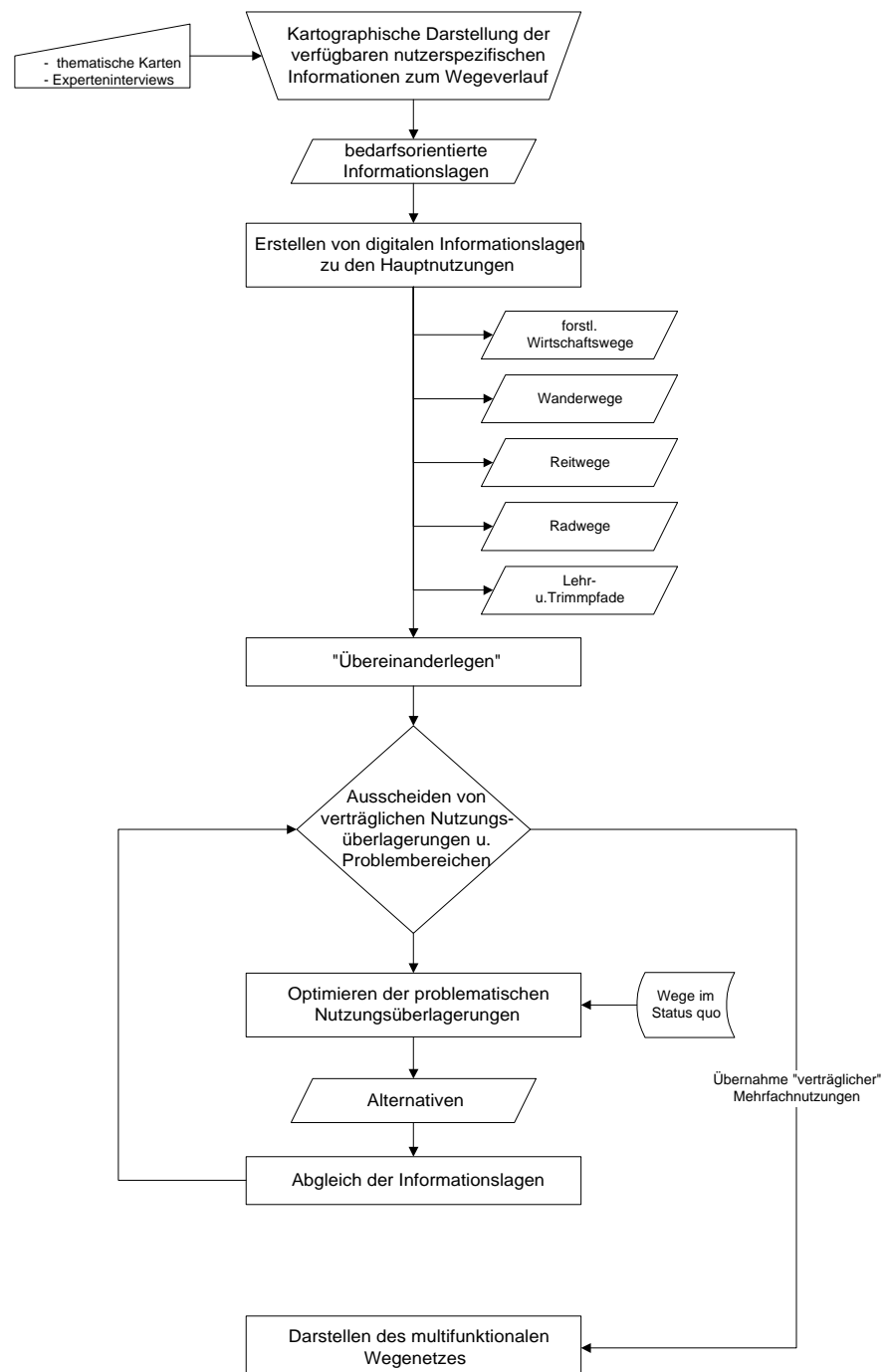
Das konkrete methodische Vorgehen gliedert sich in folgende Schritte:

Zunächst werden die Hauptnutzungen kartographisch dargestellt. Alle verfügbaren Informationen über den Streckenverlauf der jeweiligen Nutzungsart werden farbig in die Forstbetriebskarte 1 : 10.000 eingezeichnet. Als Datenquellen dienen in erster Linie bereits vorhandene Karten (z.B. Deutsche Grundkarte, Wegekarten des Forstamtes, regionale Wander-, Radwander- und Reitwegekarten u.ä.). Die technische Eignung für die jeweilige Nutzung wird anhand der jeweiligen Standards überprüft. Dazu kommen aus den Experteninterviews stammende Informationen zum Wegeverlauf, einschließlich eventueller konkreter Änderungs- oder Ergänzungsvorschläge. In diesen Kartenunterlagen sind damit bereits die Anforderungen der einzelnen Nutzergruppen

hinsichtlich Verlauf und Länge der für sie jeweils interessanten Wege berücksichtigt. Die so entstandenen, „bedarfsorientierten Informationslagen“ (engl. cover) verkörpern nunmehr die Ausstattung an Wegen (Lokalität und Wegelänge), von der man annehmen kann, daß sie den Präferenzen der einzelnen Nutzergruppen weitgehend entspricht.

Der nächste methodische Schritt besteht in der Überführung dieser kartographisch dargestellten Informationslagen in das geographische Informationssystem. Ein erneutes Digitalisieren ist dabei nicht notwendig, da alle vorhandenen Wege bereits beim Aufbau der digitalen Datenbasis erfaßt und nach der im Kapitel 3.3 detailliert erläuterten Methodik aufbereitet wurden. Aus der digitalen Informationslage „Wege im Status quo“ werden die den einzelnen Hauptnutzungen zuzuordnenden Wegeabschnitte selektiert und in die entsprechende digitale Informationslage, z.B. „Wanderwege“, kopiert. Dieses Vorgehen - im ARC/INFO®-Modul „ArcEdit“ realisiert - sichert im Gegensatz zu wiederholtem Digitalisieren ein genaues Übertragen der Lagekoordinaten, ohne das es bei späteren Analysen zu Fehlern kommen würde. Außerdem wird dadurch volle Flexibilität bei etwaigen Änderungen bzw. Alternativkonzepten gewährleistet. Eine weitere Differenzierung der Wegeinformationen jeder einzelnen „digitalen Karte“ ist ohne großen Aufwand im Datenbankmodul „Info“ möglich. Beispielsweise wurden die Wege des Covers „Wanderwege“ weiter untergliedert in durch verschiedene Far-

**Abb. 17:** Methodik der Optimierung von Nutzungsüberlagerungen





ben gekennzeichnete, der realen Wanderwegemarkierung entsprechende Teilstrecken. Dadurch werden unter anderem differenziertere Abfragen (z.B. Länge des rot markierten Wanderweges u.ä.) möglich.

Hauptbestandteil des dritten methodischen Schrittes ist das „Übereinanderlegen“ der einzelnen Informationslagen im GIS. Dieser Vorgang erfolgt zweckmäßigerweise wiederum im „ArcEdit“-Modul, um die volle Funktionalität der Editierwerkzeuge nutzen zu können. Die in den digitalen thematischen Karten durch Linienelemente (sog. Arcs) repräsentierten Wege werden zunächst einzeln auf die Informationslage projiziert, die das optimierte forstliche Wirtschaftswegenetz - ebenfalls in der Form digitaler Linienelemente vorliegend - enthält. Der nun folgende interaktive Abgleich der einzelnen Informationslagen mit dem „optimierten Forstwirtschaftswegenetz“ wird vom Planer mit der Zielsetzung durchgeführt, Wegeabschnitte mit verträglichen Mehrfachnutzungen einerseits bzw. konfliktträchtigen Überschneidungen andererseits zu lokalisieren. Dieser Abgleich muß zusätzlich für die digitalen Karten der verschiedenen Freizeitnutzungen untereinander durchgeführt werden, da auch hier problematische Nutzungsüberlagerungen auftreten können. Mit der Übernahme von Wegeabschnitten mit verträglichen Mehrfachnutzungen in das multifunktionale Wegekonzept und dem Lokalisieren und Darstellen von Problemabschnitten ist das Ziel dieses Schrittes erreicht.

Im folgenden vierten Arbeitsschritt steht die Optimierung der problematischen Nutzungsüberlagerungen im Mittelpunkt des Interesses. Die Problembereiche werden im „ArcEdit“ abschnittsweise mit dem Ziel bearbeitet, konfliktträchtige Nutzungsüberlagerungen soweit wie möglich durch alternative Streckenführung zu entflechten. Hierbei sucht man wiederum in erster Linie bereits vorhandene alternative Wegeführungen in der digitalen Karte „Optimiertes forstliches Wirtschaftswegenetz“, zusätzlich können durch gleichzeitiges Visualisieren des kompletten Wegenetzes im Status quo alle möglichen Alternativvarianten im betreffenden Problembereich beurteilt werden. Bei Bedarf besteht als „ultima ratio“ schließlich auch die Möglichkeit, vollkommen neue Linienführungen zu entwickeln, die abschnittsweise zu Neubauvorschlägen führen können. Die Änderungen am Streckenverlauf einzelner Informationslagen sind anschließend auf die Auswirkungen innerhalb des Gesamtkonzeptes zu prüfen.

Mit dem Zusammenführen der einzelnen Informationslagen zu einem multifunktionalen Wegekonzept und der Integration dieser digitalen Informationslage in das Datenbanksystem des GIS schließt sich als fünfter Arbeitsschritt der Kreis des eingangs dieses Kapitels erläuterten Planungsprozesses. Mit Hilfe der so erweiterten bzw. präzisierten und differenzierten digitalen Informationsbasis kann nunmehr eine quantitative und qualitative Auswertung und Beurteilung des Konzeptes erfolgen. Die methodischen Schritte im Rahmen der Optimierung der Nutzungsüberlagerungen werden in der Abb. 17 nochmals zusammenfassend in Form eines Flußdiagramms dargestellt.

## 4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 4.1 *Die digitale Datenbasis*

Nach der im Kapitel 3.3 beschriebenen Methodik wurden die untersuchungsrelevanten Ausgangsinformationen in ein geographisches Informationssystem integriert. Es handelt sich hierbei um Geometriedaten in Form von Linien und Polygonen (z.B. Wege und Abteilungen), die mit den entsprechenden Sachinformationen (z.B. Forsteinrichtungsdaten) in räumliche Beziehungen gesetzt wurden. Nachfolgend werden die wichtigsten Inhalte der digitalen Ausgangsdatenbasis besprochen.

Das in der vorliegenden Arbeit erstellte geographische Informationssystem für das Stadtforstamt in Göttingen beinhaltet nicht alle Waldflächen, die sich im Eigentum der Stadt befinden. In Anbetracht ihrer walderschließungstechnisch kaum relevanten Bedeutung wurde zunächst darauf verzichtet, einige kleinparzellierte Forstorte mitzuerfassen, die in nur wenigen Kilometern Abstand rund um den Hauptteil Hainberg / Göttinger Wald liegen. Dazu zählen die Forstorte Lengder Burg und Westerberg (Abt. 49 - 52) im Süden, Leinebusch (Abt. 67 - 69) im Westen, südlich des Ortes Settmarshausen und drei verstreut liegende Parzellen südlich und nördlich der Bundesstraße 27 zwischen Weende und Rorigen (Abt. 48 b, c und 96 d). Laut Angaben der aktuellen Forsteinrichtung ergibt sich damit eine Fläche von insgesamt 104,31 Hektar, die bislang nicht in das GIS eingearbeitet wurde (Tab. 6). Dies entspricht ca. 7% der 1513,87 Hektar großen Betriebsfläche des Forstamtes. Legt man allein die digitalen Datensätze zugrunde (vgl. Tab. 7), reduziert sich dieser Wert nochmals geringfügig von 104,31 Hektar auf 99,74 Hektar nicht erfaßter Forstamtsfläche. Bei einer zukünftigen Flächenaktualisierung im GIS – beispielsweise in der Folge von Flächenzu- oder -abgängen (Kauf, Verkauf, Tausch o.ä.) – können bei Bedarf auch die in der vorliegenden Untersuchung bisher nicht berücksichtigten Forstamtsflächen ohne größeren Aufwand nachträglich in die digitale Ausgangsdatenbasis aufgenommen werden.

**Tab. 6:** Im GIS nicht enthaltene Forstamtsflächen  
(Hektar- Angaben lt. Forsteinrichtung)

Abteilung	Hektar	Abteilung	Hektar
48 b	6,74	52	14,87
48 c	2,63	67	8,66
49	15,12	68	12,18
50 a	9,13	69	11,46
50 b	4,24	96 d	2,37
51	16,91	<b>GESAMT:</b>	<b>104,31</b>

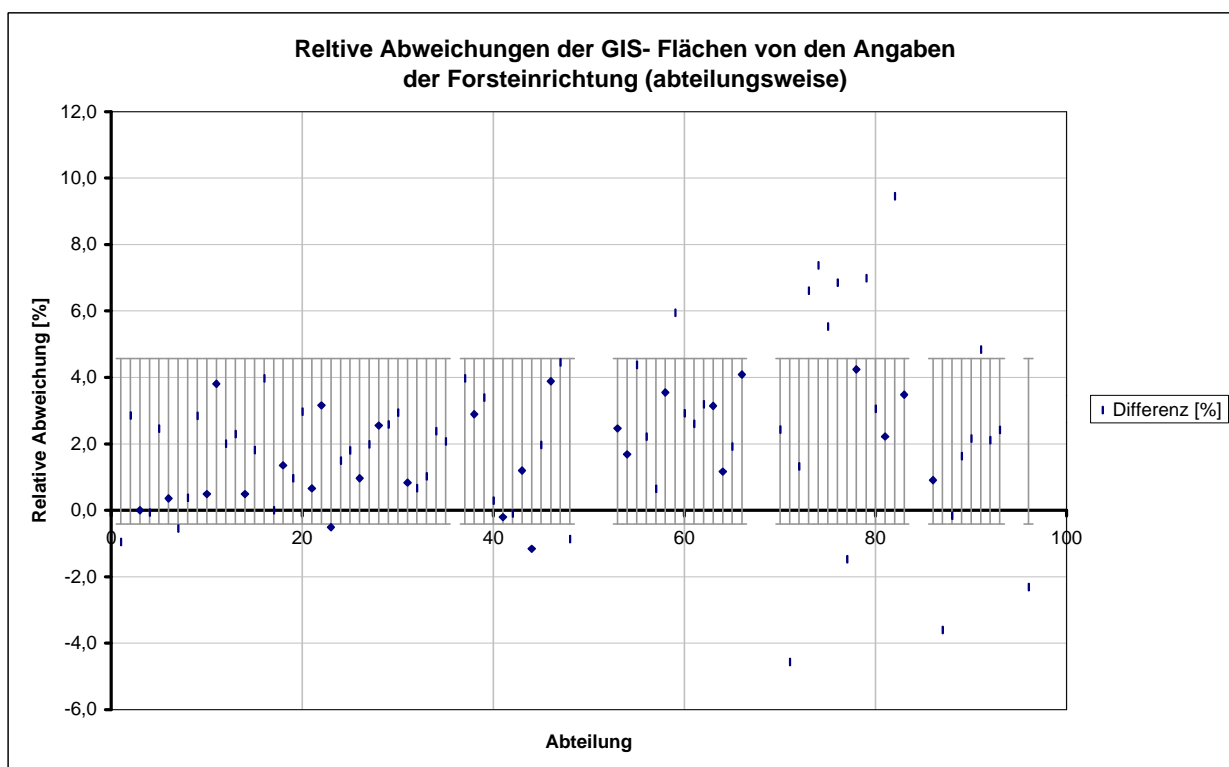
In Tab. 7 werden die im GIS tatsächlich enthaltenen Flächengrößen - nach Holzboden und Nichtholzboden gegliedert - den Angaben der Forsteinrichtung gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß die um 7% kleinere Forstbetriebsfläche im GIS vor allem darauf zurückzuführen ist, daß nur knapp zwei Drittel der Nichtholzbodenflächen des Forstamtes (64%) digitalisiert wurden. Dagegen wurden die Holzbodenflächen mit 96% fast flächendeckend aufgenommen.

**Tab. 7:** Vergleich der im GIS enthaltenen Flächen mit den Angaben der Forsteinrichtung

	Flächengröße in [ha]		Differenz [ha]	In % der Fläche lt. Forsteinrichtung
	GIS	Forsteinrichtung		
<b>Holzboden</b>	1.348,20	1.410,79	-62,59	96
<b>Nichtholzboden</b>	65,93	103,08	-37,15	64
<b>Forstbetriebsfläche</b>	1.414,13	1.513,87	-99,74	93

Beim Vergleich von Flächengrößen im GIS mit den entsprechenden Angaben des Forsteinrichtungswerkes sind geringe Abweichungen erkennbar. Diese Abweichungen betragen im Mittel 2,1% (Min. -4,6%, Max. 9,5%, Standardabweichung 2,3%). Für den Zweck der vorliegenden Untersuchung sind die Abweichungen vernachlässigbar klein. Am Beispiel der Abb. 18 werden diese relativen Abweichungen der Flächeninhalte aller digitalisierten Abteilungen im GIS den Flächenangaben aus der aktuellen Forsteinrichtung gegenübergestellt (vgl. auch Anhang 2). Auffällig ist, daß der überwiegende Teil der GIS- Werte größer ist, als die Referenzwerte der Forsteinrichtung, was einen systematischen Fehler entweder beim Digitalisieren oder bei der Flächenermittlung durch die Forsteinrichtung vermuten läßt. Im Anhang 3 werden alle im GIS in-

**Abb. 18:** Vergleich der Abteilungsgrößen im GIS mit den Angaben der Forsteinrichtung



tegrierten Flächen des Untersuchungsgebietes in einer Übersichtskarte grafisch dargestellt. Mit der digitalen Erfassung des Waldwegenetzes im Stadtwald Göttingen (vgl. Anhang 4) wurde neben dem Abteilungsnetz eine zweite digitale Informationslage als Hauptbestandteil der Datenbasis geschaffen. Die später im Detail diskutierten Ergebnisse der Herleitung von Kennziffern zur Charakterisierung der verschiedenen Erschließungsmodelle beruhen im wesentlichen auf diesen beiden Elementen (vgl. Kap. 4.2.1.1).

Die Grundstruktur der digitalen Ausgangsdatenbasis wird vervollständigt durch die Integration der Forsteinrichtungsdaten mit Stand vom 1. Oktober 1989. Die Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf diesen Stichtag, ohne eine dynamische Aktualisierung des Datenpools (z.B. Veränderungen durch Planvollzug, Flächenzu- oder -abgang usw.) zu berücksichtigen. Bei einer mittel- bis langfristigen Nutzung des GIS im Rahmen der alltäglichen Betriebsführung ist die Implementierung von entsprechenden dynamischen Aktualisierungsmodulen sehr zu empfehlen. Gegenwärtig besteht allerdings das Problem, daß ausgereifte und zuverlässige Softwarelösungen für diese spezielle Thematik noch nicht in ausreichendem Maße verfügbar sind. Einen – zumindest vorübergehend praktikablen – Ausweg aus diesem Dilemma stellt der Austausch des gesamten Datenpools der Forsteinrichtung mit Beginn eines neuen Planungszeitraumes dar. Da sich in Zukunft die Flächengeometrien nur in einem verhältnismäßig geringen Umfang verändern werden, sollte sich das Hauptaugenmerk auf ein möglichst intensives und zeitnahes Management der Forsteinrichtungsdaten bzw. weiterer Sachinformationen (z.B. Standorts- und Biotopkartierung u.ä.) konzentrieren.

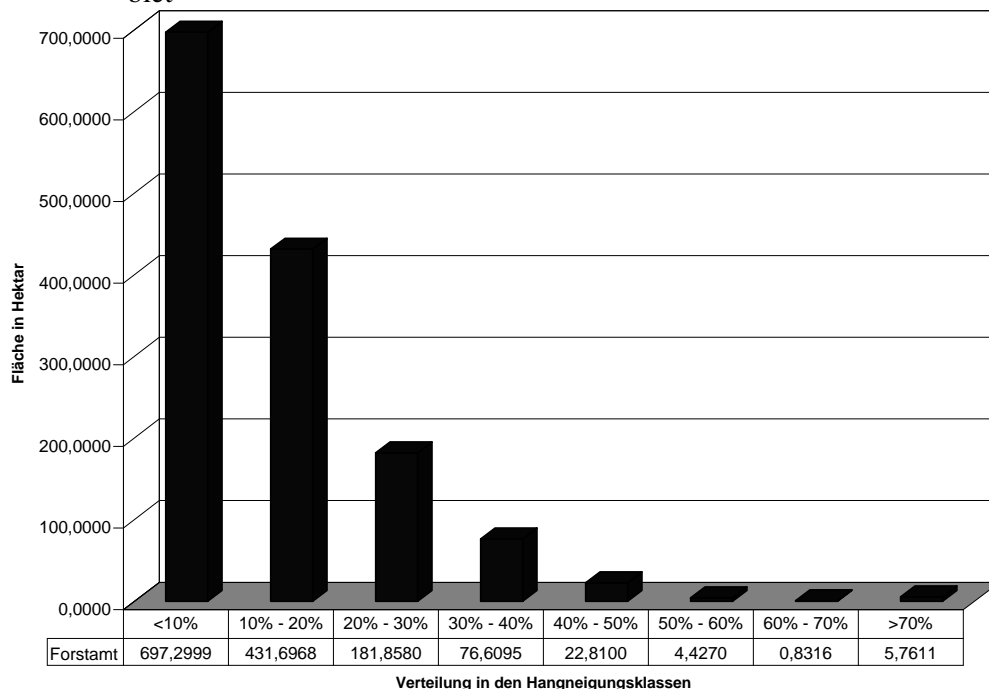
Schließlich bildet das *Digitale Geländemodell* (DGM) den dritten Hauptbaustein der Datenbasis. Diese Informationslage dient – wie im Kap. 3.3.1 erläutert – in erster Linie den Analysen zur Reliefbeschaffenheit des Untersuchungsgebietes. Von besonderem Interesse waren die Hangneigungsverhältnisse im Forstamt, da diese vor dem Hintergrund erschließungstechnischer Überlegungen zu den wichtigsten Restriktionen einer Optimierungsplanung gehören. In Tab. 8 und Abb. 19 sind die Ergebnisse von Reliefanalysen dargestellt, die mit dem Ziel durchgeführt wurden, die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes vordefinierten Hangneigungsklassen zuzuordnen. Die Klassenbildung erfolgte in 10%-Schritten, wobei für die Untertei-

**Tab. 8:** Zuordnung der Flächen des Untersuchungsgebietes zu Hangneigungsklassen

Flächenverteilung in den Hangneigungsklassen			
Hangneigungs- klasse	Untersuchungs- gebiet [ha]	Untersuchungs- gebiet [%]	
<10%	697,30	49,06	
10% - 20%	431,70	30,37	
20% - 30%	181,86	12,80	
30% - 40%	76,61	5,39	97,6%
40% - 50%	22,81	1,60	
50% - 60%	4,43	0,31	
60% - 70%	0,83	0,06	
>70%	5,76	0,41	2,4%
<b>Summe</b>	<b>1421,29</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

lung in ebenes und hügeliges Gelände einerseits und steiles Gelände andererseits in Anlehnung an gängige Befahrbarkeitskriterien die Marke von 40% Hangneigung gewählt wurde. Aus

**Abb. 19:** Grafische Darstellung der Hangneigungsverteilung im Untersuchungsgebiet



ist ersichtlich, daß der überwiegende Anteil der Flächen des Untersuchungsgebietes (ca. 98%) Hangneigungen unter 40% aufweist. Betrachtet man allein die Hangneigungen bis 20%, so sind ca. 80% der Flächen

in diesen Klassen vertreten. Damit zeigt sich, daß morphologische Aspekte des Geländereiefs in der vorliegenden Arbeit nur von nachrangiger Bedeutung sind.

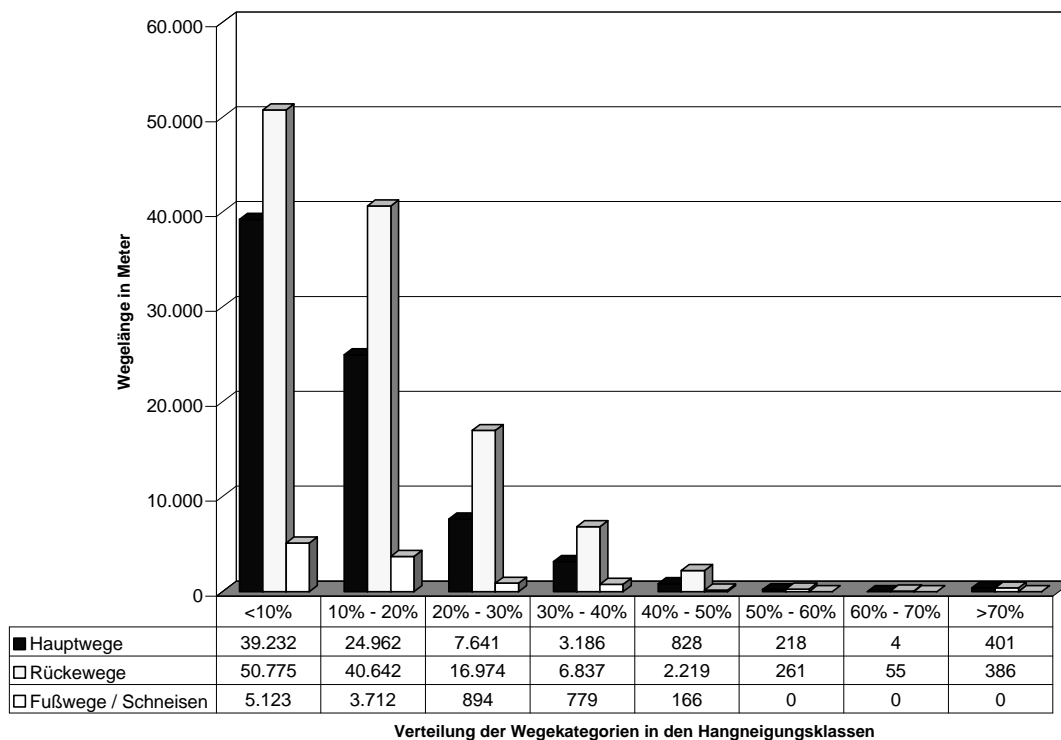
Dies bestätigt sich, betrachtet man den Anteil der Wege pro Hangneigungsklasse. Durch das Verschneiden des digitalen Wegenetzes mit der Informationslage „DGM“ konnte für jeden Wegeabschnitt die Information gewonnen werden, wie eben oder steil das unmittelbar an den Weg angrenzende Gelände ist. Diese Information ist von praktischem Interesse, wenn über die zur Holzbringung auf dem jeweiligen Wegeabschnitt einzusetzende technische Lösung entschieden werden soll oder wenn es um die Kalkulation von Schwierigkeitsstufen für die motormanuelle Holzernte geht, deren Einstufung sich an der Geländeneigung orientiert. In Tab. 9 bzw. Abb. 20 wurden die Ergebnisse dieser Analyse zusammengestellt.

**Tab. 9:** Wegeverlauf je Hangneigungsklasse

Wegelänge in Meter je Hangneigungsklasse					
Hangneigungs-klasse	Hauptwege	Rückewege	Fußwege / Schneisen	Prozent Hauptwege	
<10%	39.232	50.775	5.123	51,3	
10% - 20%	24.962	40.642	3.712	32,6	
20% - 30%	7.641	16.974	894	10,0	
30% - 40%	3.186	6.837	779	4,2	98,1%
40% - 50%	828	2.219	166	1,1	
50% - 60%	218	261	0	0,3	
60% - 70%	4	55	0	0,0	
>70%	401	386	0	0,5	1,9%
Summe	76.472	118.151	10.675	100%	100%

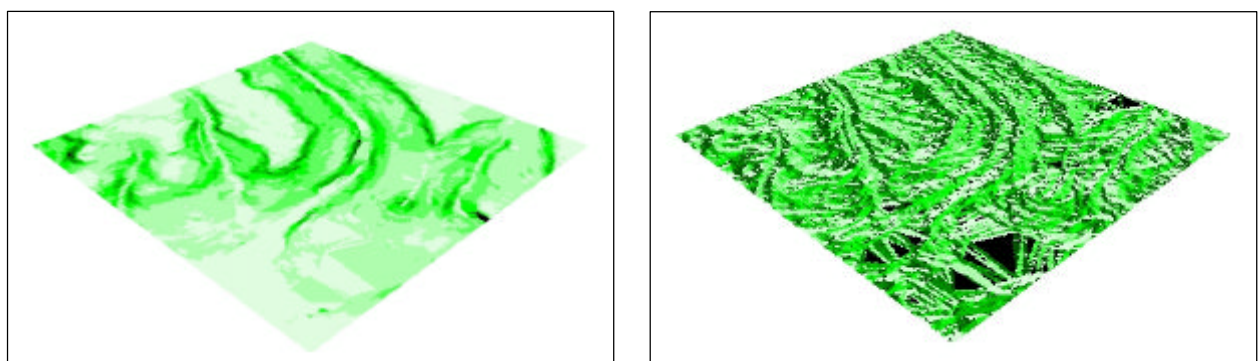
mit Hangneigungen über 40% liegt. Dagegen sind in den Klassen bis 20% etwa 84% der Hauptwege vertreten. Diese Verhältnisse verschieben sich bei der Betrachtung der Rückewege nur geringfügig. Hier steigt der Anteil in den Hangneigungsklassen über 40% auf ca. 2,5%, während im Rahmen der Klassen bis 20% eine Verringerung auf 77% feststellbar ist. Ähnliches gilt auch für die Kategorie Fußwege/Schneisen. Die Anteile in den Hangneigungsklassen über 40% belaufen sich auf 1,5%, die in den Klassen bis 20% auf ca. 83%.

**Abb. 20:** Grafische Darstellung der Wegeverteilung in Hangneigungsklassen

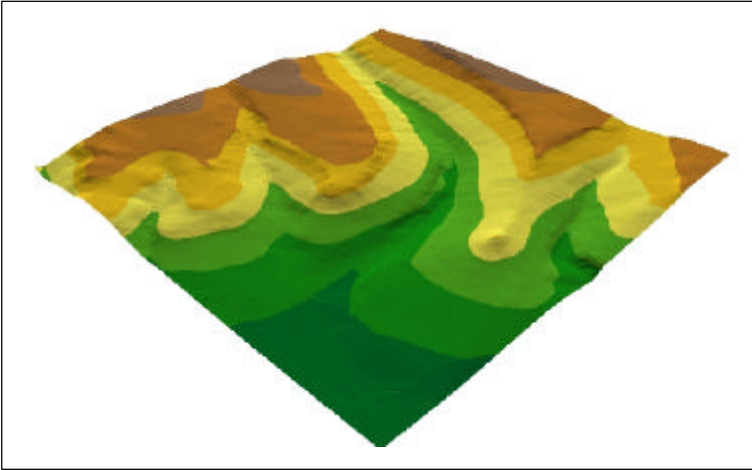


Neben diesen Untersuchungen zur Hangneigung sind aufbauend auf dem DGM noch weitere Reliefanalysen möglich. Dazu zählen unter anderem Expositions- und Höhenschichtenanalysen, die hier nur beispielhaft erwähnt werden, da ihnen im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine entscheidende Bedeutung beigemessen wurde. In den folgenden Abbildungen werden diese Themen grafisch am Beispiel eines Ausschnittes aus dem nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes dargestellt (Abb. 21, Abb. 22).

**Abb. 21:** Beispielanwendungen von Reliefanalysen (links: Hangneigungen, rechts: Exposition)



**Abb. 22:** Höhenschichtenanalyse unter Einsatz eines DGM



## **4.2 Das Wegenetz des Stadtwaldes Göttingen im Status quo**

Im folgenden wird zunächst die gegenwärtige forstbetriebliche Erschließungssituation (Status quo) des Stadtwaldes Göttingen anhand von traditionellen („forstüblichen“) Kennziffern zur zahlenmäßigen Charakterisierung von Waldwegenetzen erörtert (Kap. 4.2.1). Die Berechnung der Kennziffern erfolgte auf der Grundlage der mit ARC/INFO® aufgebauten Datenbasis unter Anwendung der verfügbaren GIS- Funktionalitäten (vgl. Kap. 3.3.5). Durch die erweiterten Möglichkeiten einer GIS- gestützten Datenbearbeitung, die sich im Rahmen der Beurteilung von Erschließungsvarianten eröffnen, wird speziell auf die Ergebnisse eines neu entwickelten Verfahrens zur automatisierten Herleitung des Anteils von Mehrfacherschließungen sowie der GIS- gestützten Berechnung der mittleren Rückeentfernung ( $RE_m$ ) näher eingegangen.

Im Anschluß daran werden im Kap. 4.2.2 die Ergebnisse der Analyse des Bedarfs an Freizeitwegen und die daraus resultierenden Vorschläge zur praktischen Umsetzung eines Freizeitwegkonzeptes vorgestellt.

### **4.2.1 Forstbetriebliches Wegenetz**

Das analysierte Erschließungsnetz ist das Ergebnis früherer Erschließungsplanungen und des dabei zugrundegelegten Anforderungsprofils im Wegebau. Schon sehr frühzeitig wirkte sich die unmittelbare Nähe zum Siedlungsraum prägend auf das forstliche Wegenetz aus.

Im Erläuterungsband zur Forsteinrichtung wird die Ausstattung des Betriebes mit LKW- fähigen Wegen als gut bis sehr gut eingeschätzt (*FORSTPLANUNGS- UND BERATUNGSBÜRO FÜR FORSTWIRTSCHAFT, DIPLOM-FORSTING. R. ATALAY, 1989*). Gleiches trifft zu für die Randerschließung und die Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz. Einziger Mangel ist der gleichen Quelle zufolge das häufig vorkommende spitzwinklige Zusammenlaufen mehrerer Wege, wodurch es partiell zu Übererschließungen kommt, obwohl dies vom Relief her nicht zwingend vorgegeben ist. An gleicher Stelle heißt es weiter im Hinblick auf die Bestandesfeinerschließung:

*„Die weitere Erschließung der Bestände erfolgt durch unbefestigte Rückewege, deren Anzahl vor allem im Revier Hainberg übertrieben erscheint. Hierzu muß jedoch festgestellt werden, daß nur ein Teil wirklich als Rückeweg fungiert und viele andere Wege ausschließlich als Spazierwege genutzt werden. Eine Feinerschließung wurde in den letzten Jahren in zunehmendem Maße durch die Anlage von markierten Rückegassen vorgenommen.“ (FORSTPLANUNGS- UND BERATUNGSBÜRO FÜR FORSTWIRTSCHAFT, DIPLOM-FORSTING. R. ATALAY, 1989)*

Die allgemeinen Einschätzungen des Forsteinrichters bezüglich der aktuellen Erschließungssituation im Stadtforstamt wurden durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weitestgehend bestätigt. Auf Abweichungen wird bei der Besprechung der einzelnen Kennziffern zur Walderschließung im folgenden eingegangen.

#### 4.2.1.1 Kennziffern zur Walderschließung

Zur Charakterisierung des Status quo der Walderschließung im Stadtwald Göttingen dienten die gleichen Erschließungskennziffern, die später auch zur zahlenmäßigen Beurteilung der beiden Optimierungsvorschläge (*Theoretisches Modell* und *Realkonzept*) herangezogen werden (vgl. Kap. 3.3.5). Die Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse für die einzelnen Planungssituationen ist weiterhin durch das Einhalten bestimmter Rahmenbedingungen gewährleistet. Hierzu zählen die konstante Fläche des Erschließungsgebietes (1.414,13 Hektar), die Bandbreiten bei der Berechnung des Technischen Erschließungsprozentes ( $E\%_{\text{TECHNISCH}} = 150 \text{ m}$  - einfach) und des Erschließungsprozentes nach den Hessischen Richtlinien ( $E\%_{\text{HESSEN}} = 300 \text{ m}$  - einfach) sowie die durchschnittliche Fahrbahnbreite von 3,5 m bei der Herleitung der Gesamtfahrbahnfläche. Die zweite Grundvoraussetzung bestand im Anwenden der jeweils gleichen, GIS-gestützten Berechnungsroutinen. Ein Beispiel dafür ist die Herleitung der erschließungswirksamen Wegelänge, bei der alle Randwege – aufgrund der einseitigen Erschließungswirkung – nur mit der Hälfte ihrer Länge berücksichtigt werden.

#### **Wegedichte WD, Wegeabstand WA**

Die aus der digitalen Informationslage *WEGE* abgeleitete absolute Länge an Hauptfahrwegen beträgt – bezogen auf die eingangs erwähnte Gesamtfläche des hier untersuchten Erschließungsgebietes – ca. 80 km. Darin enthalten sind etwa 14 km Randwege, die nur zur Hälfte als erschließungstechnisch relevant gelten. Demzufolge ergibt sich eine erschließungswirksame Fahrwegelänge von 72,7 km als Ausgangswert für die Berechnung der Wegedichte (vgl. Tab. 11).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde für das Untersuchungsgebiet eine Wegedichte von 51,4 lfm/ha ermittelt. Dieser Wert unterscheidet sich beträchtlich von der im Forsteinrichtungswerk angegebenen Dichte an LKW-fähigen Wegen von 42 lfm/ha Holzbodenfläche. Der Unterschied wird noch deutlicher, wenn die GIS-gestützte Berechnung der Wegedichte in bezug zur Holzbodenfläche (analog der Forsteinrichtung) und nicht – wie hier realisiert – zur gesamten



Forstbetriebsfläche erfolgt. Dann steigt die Wegedichte von 51,4 lfm/ha auf 53,9 lfm/ha nochmals um 2,5 lfm/ha an. Auch die Tatsache, daß nicht alle Forstamtsflächen in das GIS integriert wurden (vgl. Kap. 4.1), dürfte an diesen Relationen nur marginale Änderungen bewirken.

Mit einer Fahrwegedichte von 51,4 lfm/ha liegt das Stadtforstamt Göttingen in dem Rahmen, den *BECKER (1998)* für vergleichbare großstadtnahe Forstbetriebe in Baden-Württemberg anführt.

*SONNTAG (1998)* ermittelte bei Untersuchungen in einem größeren Privatwaldbetrieb im südwestdeutschen Alpenvorland eine mittlere Wegedichte von 58 lfm/ha, wobei insbesondere ein sich durch die speziellen Rahmenbedingungen des stadtnahen Erholungswaldes auszeichnendes Revier Spitzenwerte von 71 lfm/ha erreichte. Ähnliche Größenordnungen lassen jüngste, noch nicht abgeschlossene Untersuchungen von *HENTSCHEL, v. JANOWSKY UND BECKER (1999)* für den sehr intensiv durch Freizeit- und Erholungsnutzungen geprägten Stadtwald von Stuttgart erwarten. Vorläufige Ergebnisse dieser Untersuchungen deuten auf eine Fahrwegedichte von nahezu 80 lfm/ha hin.

In Tab. 10 sind beispielhaft die durchschnittlichen Wegedichten einiger Großräume mit ähnlichen topographischen Verhältnissen dargestellt. Da der Ausbau des Fahrwegenetzes dort weitestgehend abgeschlossen ist, entsprechen die Werte annähernd den angestrebten Zielwegedichten. Selbst unter Berücksichtigung der eingeschränkten Aussagekraft der Kennziffer „Wegedichte“ für kleinere Erschließungsgebiete übersteigt die im untersuchten Forstamt ermittelte Fahrwegedichte von 51,4 lfm/ha die Werte in Tab. 10 zum Teil erheblich. Allein der Vergleich mit der Region Weser-/Leinebergland – zu welcher auch der Stadtwald Göttingen zählt – zeigt, daß die dortige (Ziel-)Wegedichte um mehr als 18 lfm/ha überschritten wird. Zurückzuführen ist dies hauptsächlich auf die Besonderheiten eines stadtnahen kommunalen Forstbetriebes.

**Tab. 10:** Beispiele von Fahrwegedichten ausgewählter Gebiete

Gebiet	Fahrwegedichte [lfm/ha]	Quelle
<b>Weser-/Leinebergland (Niedersachsen)</b>	33	Jahresbericht der Landesforstverwaltung, 1987
<b>Westharz (Niedersachsen)</b>	40	Wegebaustützpunkt Braunschweig, 1993
<b>Hessen</b>	37	Wegeinventur der Landesforstverwaltung, 1980
<b>Baden-Württemberg</b>	51	Jahresbericht der Landesforstverwaltung 1996

Der aus der Wegedichte abgeleitete mittlere Wegeabstand beträgt im Status quo 195 m. In den Untersuchungen von *SONNTAG (1998)* wurde für das bereits erwähnte stadtnahe Erholungswaldrevier – entsprechend der erheblich höheren Wegedichte (72,5 lfm/ha) – der mittlere Wegeabstand mit 138 m deutlich unter dem Wert der hier vorliegenden Untersuchung ermittelt.

Den im konkreten Fall für die mittlere Rückeentfernung maßgebenden oder *wirksamen Wegeabstand* ( $WA_w$ ) erhält man durch die Multiplikation des mittleren Wegeabstandes  $WA$  mit dem

Netzkorrekturfaktor  $k_N$  (vgl. Kap. 3.3.5).  $WA_W$  beträgt demzufolge für den Status quo des Stadtforstamtes Göttingen 280 m.

### Erschließungsprozente

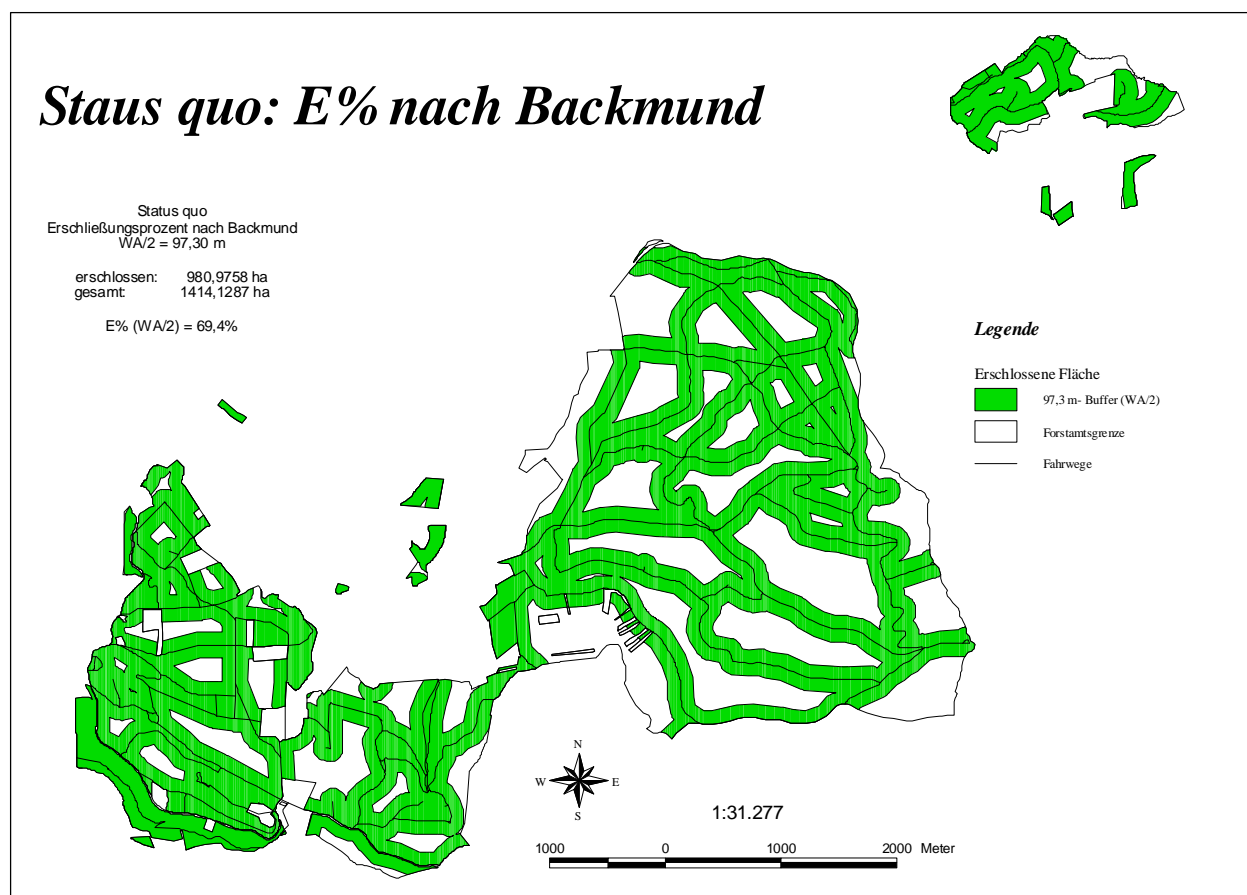
Die in der vorliegenden Untersuchung errechneten Erschließungsprozente unterscheiden sich voneinander entsprechend der jeweils gewählten Breite des Erschließungsbandes. Während sich die Bandbreite beim Erschließungsprozent nach *BACKMUND* ( $E\%_{BACKMUND}$ ) rechnerisch aus dem entsprechenden Wegeabstand ergibt und damit variabel ist, gehen bei der Herleitung des Technischen Erschließungsprozents ( $E\%_{TECHNISCH}$ ) und des Erschließungsprozents lt. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung ( $E\%_{HESSEN}$ ) die einfachen Bandbreiten als konstante Abolutwerte von 150 m (für Gelände bis 25% Hangneigung) bzw. 300 m in die Berechnung ein. Damit ergeben sich zur Charakterisierung des gegenwärtig vorhandenen Fahrwegenetzes im Göttinger Stadtwald – basierend auf der GIS- Datenbasis – folgende Erschließungsprozente:

#### 1.) Erschließungsprozent nach *BACKMUND* – $E\%_{BACKMUND}$ :

Die Breite des Erschließungsbandes beträgt (entsprechend dem mittleren Wegeabstand) 194,6 m, d.h. beidseitig der Fahrwege je ein Band von  $WA/2 = 97,3$  m. Dadurch wird im Untersuchungsgebiet eine absolute Fläche von 980,98 Hektar erschlossen, was einem  $E\%_{BACKMUND}$  von 69,4 % entspricht.

*BACKMUND* untersuchte an einer größeren Zahl von Erschließungsgebieten in Süddeutschland

**Abb. 23:** Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{BACKMUND}$ )



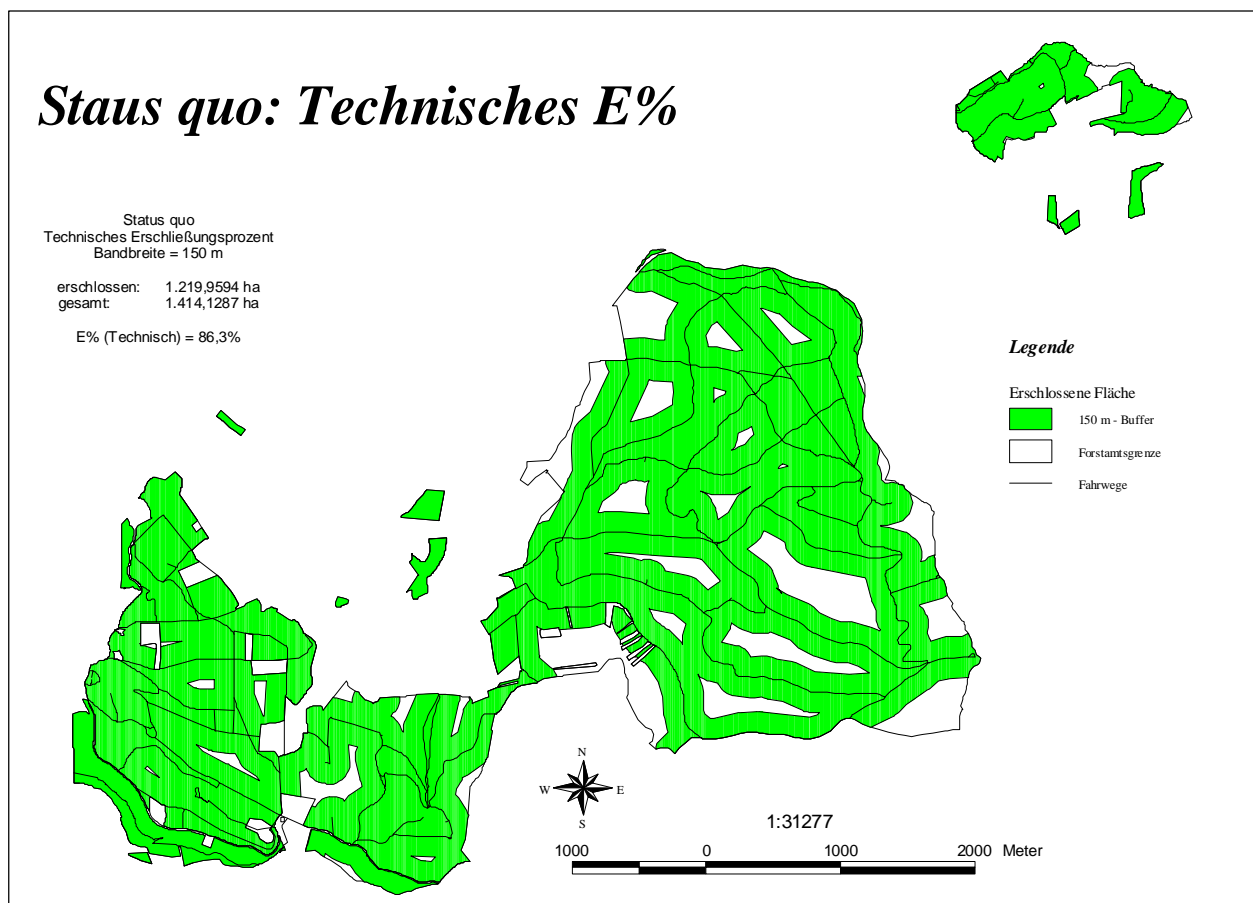
das Erschließungsprozent, von welchem wiederum der Netzkorrekturfaktor  $k_N$  abgeleitet werden kann (DIETZ *et al.*, 1984). Diesen Untersuchungen zufolge, würde das Gebiet des Stadtforstamtes Göttingen der von BACKMUND als erschließungstechnisch „mäßig günstig“ bezeichneten Kategorie zuzuordnen sein. Als Durchschnittswert für die hier vorherrschenden Verhältnisse des Flach- und Hügellandes gibt Backmund ein Erschließungsprozent von etwa 77% an.

Aus dieser Diskrepanz zwischen einer mit 51,4 lfm/ha relativ hohen Wegedichte einerseits und der im Gegensatz dazu nur mäßig günstigen Erschließungssituation andererseits ( $E\%_{\text{BACKMUND}} = 69,4\%$ ) wird deutlich, daß die Fahrwege im Gesamtkonzept des Status quo nicht optimal räumlich verteilt sind (vgl. Abb. 23) und eine Überarbeitung (Reoptimierung) durchaus gerechtfertigt ist.

## 2.) Technisches Erschließungsprozent – $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ :

Das geländeneigungsabhängige Technische Erschließungsprozent, daß mit seiner Orientierung an der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Rückemittel erstmals von SACHS (1968) vorgeschlagen wurde, hat im Vergleich zum Erschließungsprozent nach BACKMUND den Vorteil, daß die Erschließungsbandbreite – der jeweiligen Situation und den bringungstechnischen Möglichkeiten entsprechend – angepaßt werden kann. SACHS selbst schlug vor, die „Abstandslinien“ 200 m oberhalb und 100 m unterhalb, in ebenen Lagen 200 m beiderseits der Hauptfahrwege zu ziehen.

**Abb. 24:** Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ )



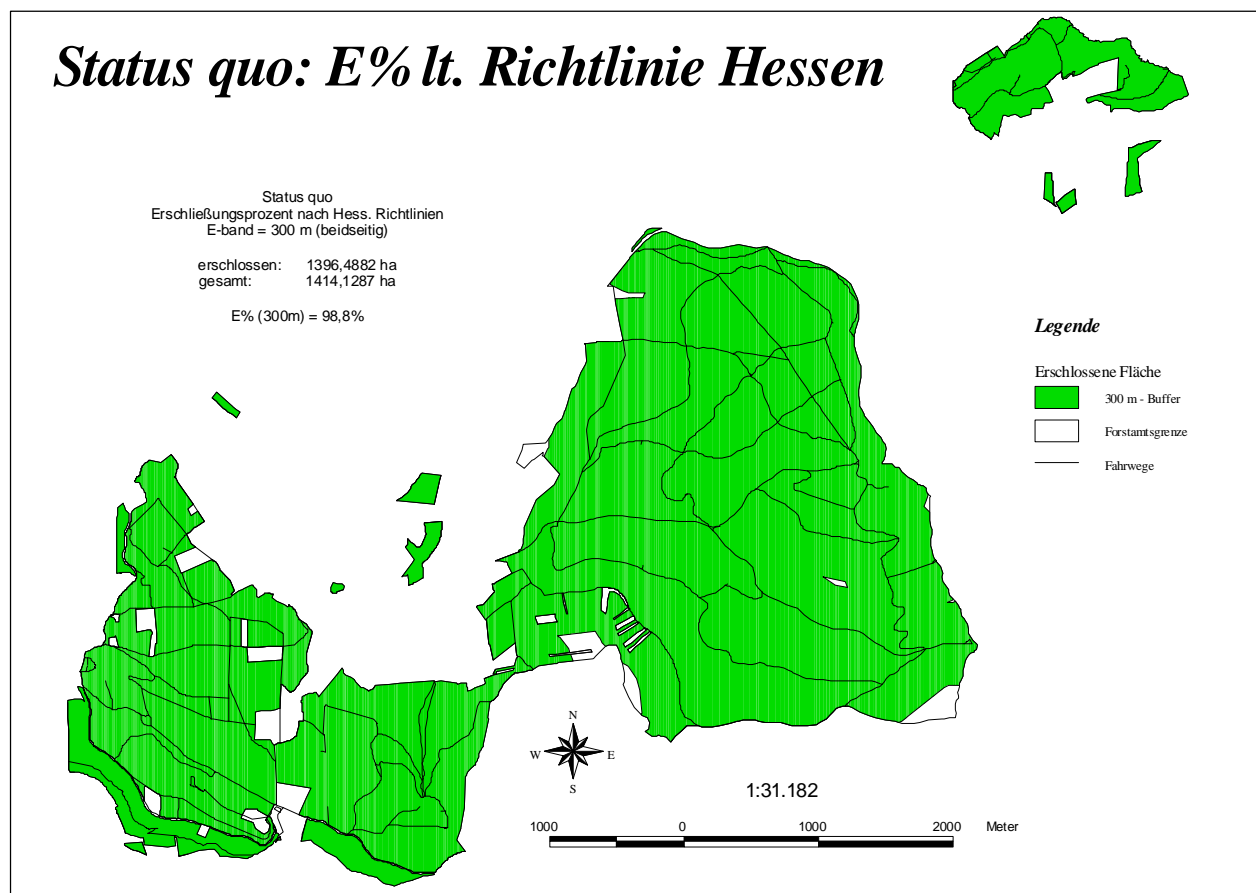
Die in der vorliegenden Untersuchung berechneten Kennziffern  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  und  $E\%_{\text{HESSEN}}$  können als Modifikationen des von *SACHS* vorgeschlagenen Erschließungsprozentes betrachtet werden.

$E\%_{\text{TECHNISCH}}$  beträgt für den Status quo der Erschließung im Untersuchungsgebiet 86,3%. Dieser Wert ergibt sich aus dem Verhältnis von 1.220 Hektar erschlossener Fläche zu 1.414,3 Hektar Gesamtfläche des Erschließungsgebietes. In Abb. 24 wird die daraus folgende Erschließungswirkung grafisch dargestellt.

### 3.) Erschließungsprozent lt. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung (1978) – $E\%_{\text{HESSEN}}$ :

Die mit 300 m weitaus größte Erschließungsbandbreite kommt bei der Herleitung von  $E\%_{\text{HESSEN}}$  zur Anwendung. Dementsprechend groß ist auch die erschlossene Fläche des Untersuchungsgebietes. Sie beträgt 1.396,5 Hektar, was einem Erschließungsprozent lt. Hessischen Richtlinien von 98,8% entspricht. Hier wird besonders deutlich, daß bei sehr großen Erschließungsbandbreiten, insbesondere wenn es sich um dicht erschlossene, relativ kleine Erschließungseinheiten handelt, die Aussagekraft solcher Kennziffern hinsichtlich einer qualitativen Charakterisierung von Wegenetzen (z.B. räumliche Verteilung) stark abnimmt. Die Grafik in Abb. 25 verdeutlicht die Aussagen zur Erschließungswirkung bei einer einfachen Bandbreite von 300 m.

**Abb. 25:** Erschließungssituation im Status quo ( $E\%_{\text{HESSEN}}$ )



## Mittlere Rückeentfernungen

Die Herleitung der mittleren Rückeentfernungen ( $RE_0$ ,  $RE_m$ ,  $RE_t$ ) basiert auf der im Kap. 3.3.5 beschriebenen Methodik.  $RE_m$  und  $RE_t$  wurden dabei zum einen unter Einsatz eines GIS- gestützten Näherungsverfahrens und zum anderen mittels des Netzkorrekturfaktors  $k_N$  berechnet. Auf die Anwendung des manuellen Punktrasterverfahrens nach v. SEGEBADEN (s. Abb. 11) wurde hier verzichtet, da bereits zahlreiche Beispiele konkreter Erschließungsplanungen mit Hilfe dieser Methode vorliegen (BUß - SCHÖNE, 1993, DEHNING, KEPPLER, 1994, HAUSKNECHT, 1995).

### 1.) Theoretische mittlere Rückeentfernung im idealen Erschließungsmodell – $RE_0$

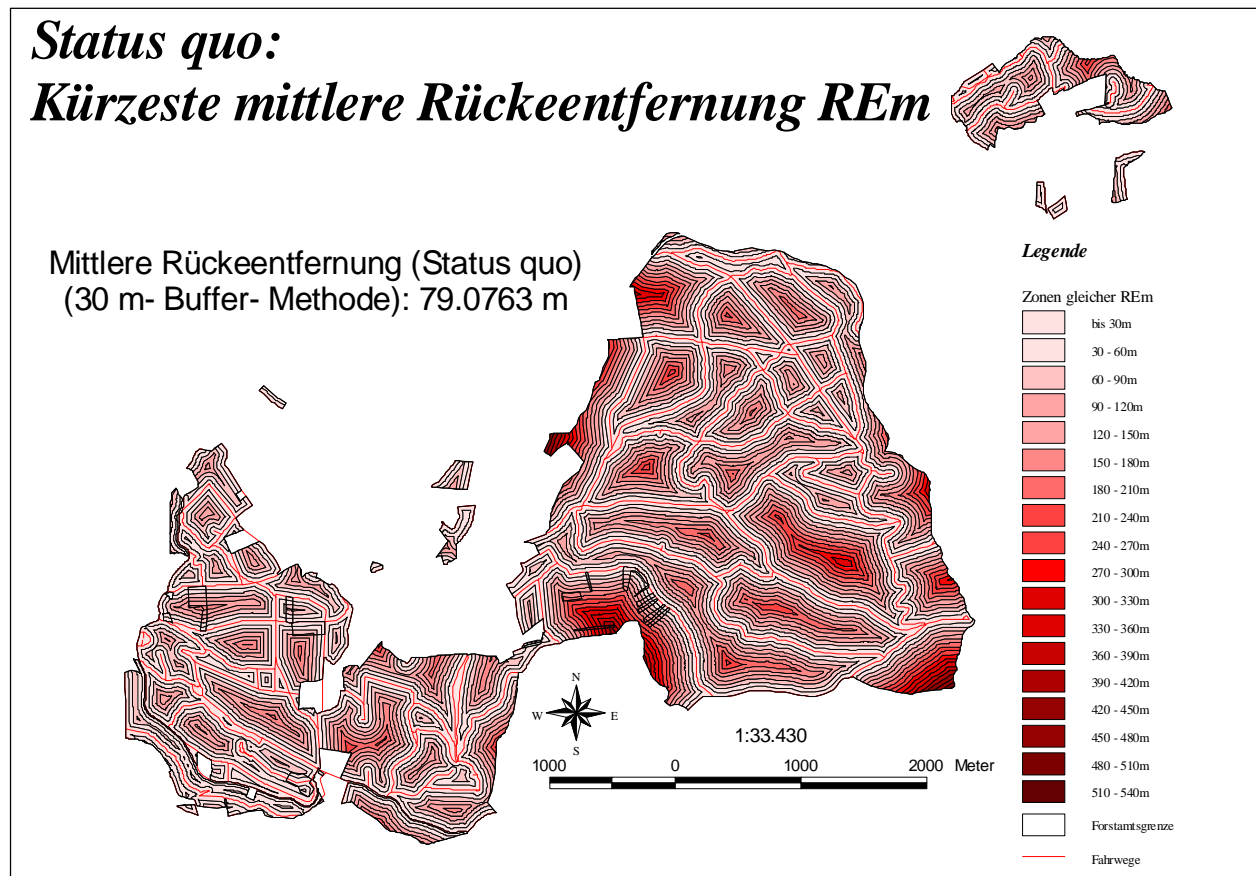
$RE_0$ , definiert als die kürzeste Strecke vom Fällort bis zur Einmündung in die Waldstraße, wird als senkrechte Distanz zum Fahrweg gemessen. Für das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Erschließungsgebiet beträgt  $RE_0$  im Status quo, unter der vereinfachenden Annahme, daß ganzflächig beidseitig des Fahrweges gerückt werden kann, 49 m. Da die Voraussetzungen des idealen Erschließungsmodells (parallele Wege gleichen Abstandes, Transport des Holzes entlang der kürzesten Entfernung zum Weg) für die realen Verhältnisse bei weitem nicht zutreffen, wird dieser Kennziffer im Folgenden keine größere Bedeutung beigemessen.

### 2.) Kürzeste mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz – $RE_m$

Bei den Analysen der gegenwärtigen Erschließungssituation im Stadtwald Göttingen kam das im Kap. 3.3.5 detailliert vorgestellte GIS- gestützte Näherungsverfahren zur Ermittlung von  $RE_m$  nach JAEGER zur Anwendung. Für den Status quo der Walderschließung im Untersuchungsgebiet ergab sich demnach eine kürzeste mittlere Rückeentfernung von 79 m. Die Karte in Abb. 26 vermittelt einen Überblick über diese Rückeentfernungen, gestaffelt in 30 m breite Zonen.

Die Berechnung der  $RE_m$  unter Anwendung des Netzkorrekturfaktors  $k_N$  nach v. SEGEBADEN (hier:  $k_N = 100 / E\%_{BACKMUND} = 1,44$ ) ergibt mit 70,1 m einen Wert, der neun Meter unter dem Ergebnis der GIS- gestützten Herleitung liegt. Die Ursache dafür besteht wiederum in der vereinfachenden Annahme, daß über die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes beidseitiges Rücken möglich sei ( $RE_m = (k_N \times 2.500) / WD$ ). Berücksichtigt man dagegen, daß unter realen Verhältnissen in Teilen der Fläche (Randbereiche, Talwege an Wasserläufen o.ä.) nur einseitig gerückt werden kann ( $RE_m = (k_N \times 5.000) / WD$ ), so ist davon auszugehen, daß die dadurch verursachte, mäßige Erhöhung der  $RE_m$  die Differenz zum entsprechenden GIS- Wert weitgehend ausgleicht.

Abb. 26:  $RE_m$  im Status quo



DEHNING, KEPPLER (1994) ermittelten für einen Privatforstbetrieb mit dem hier untersuchten Stadtwald vergleichbaren erschließungstechnischen Rahmenbedingungen (Fläche: 1.765,8 Hektar, WD: 53,4 lfm/ha,  $E\%_{BACKMUND}$ : 70%) ähnliche Werte für die kürzeste mittlere Rückeentfernung ( $RE_m = 69$  m).

### 3.) Tatsächliche mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz – $RE_t$

$RE_t$  wurde über den Gesamtkorrekturfaktor  $k_G$  hergeleitet ( $RE_t = (k_G \times 2500) / WD$ ), der sich wiederum aus dem Produkt von Netz- und Rückedistanzkorrekturfaktor zusammensetzt ( $k_G = k_N \times k_R$ ). Dadurch, daß der Rückedistanzkorrekturfaktor  $k_R$  nur einseitig mögliches Rücken erfaßt (DIETZ *et al.*, 1984), muß bei der Herleitung von  $RE_t$  nicht mehr nach ein- und zweiseitigem Rücken differenziert werden. Das wiederum führt zu einer besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen.

Im realen Erschließungsnetz des Göttinger Untersuchungsgebietes beträgt die tatsächliche mittlere Rückeentfernung 98,8 m. Als Gesamtkorrekturfaktor  $k_G$  wurde – durch Multiplikation der beiden entsprechenden Komponenten Netzkorrekturfaktor ( $k_N = 1,44$ ) und Rückedistanzkorrekturfaktor ( $k_R = 1,41$ ) – ein Wert von 2,03 ermittelt. Damit bewegen sich die Werte für  $k_N$ ,  $k_R$  und demzufolge auch  $k_G$  im Rahmen der Grenzen, die unter anderem von v. SEGEBADEN ( $k_R$ : 1,2 – 1,5), ABEGG ( $k_R$ : 1,44), BACKMUND ( $k_N$ : 1,3 – 1,5) und der FAO ( $k_G$ : 1,6 – 2,8) für vergleichbare Verhältnisse genannt wurden (aus DIETZ *et al.*, 1984).

Die Untersuchungen von SONNTAG (1998) ergaben für den Status quo der Walderschließung in dem schon mehrfach erwähnten südwestdeutschen Privatforstbetrieb tatsächliche mittlere Rückeentfernungen im Schwankungsbereich zwischen 80 und 112 Meter (im Mittel 90 m), was nahe an die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit heranreicht.

Zusammenfassend können die für den Göttinger Stadtwald errechneten Werte für  $RE_m$  und  $RE_t$  im Status quo der Walderschließung mit Fahrwegen als sehr günstig eingeschätzt werden. Sie resultieren aus der sehr hohen Wegedichte. Für die entfernungsabhängigen Rückekosten ist die Rückeentfernung ein wesentlicher ökonomischer Einflußfaktor. Der praktische Aussagewert der mittleren Rückeentfernung hängt unter anderem auch von der angemessenen Berücksichtigung der einzusetzenden Rückemittel ab. Die hier durchgeführten Kalkulationen erfolgten unter der Annahme, daß die Holzbringung mittels Forstspeziialschlepper und Seilwinden erfolgt.

Ergänzend zu den bislang behandelten Erschließungskennziffern wurde zusätzlich die Fahrbahnfläche näherungsweise **Tab. 11:** Erschließungskennziffern im Status quo

ermittelt. Unter der Annahme, daß die durchschnittliche Fahrbahnbreite 3,5 m beträgt, wurden alle Fahrwege des Status quo im geographischen Informationssystem mit einem Band von dieser Breite umlegt (*BUFFER*). Der so ermittelte Flächeninhalt der Fahrbahnpolygone beträgt 23,77 Hektar, d.h. 1,7% der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes sind Fahrbahnoberflächen.

Die Tab. 11 zeigt zusammengefaßt alle bisher diskutierten Erschließungskennziffern des Status quo, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelt wurden. Ergänzend hierzu folgt im Anschluß eine gesonderte Betrachtung der Problematik von Mehrfachererschließungen, da ein Quantifizieren dieses Kennwertes zu-

	STATUS QUO
<b>Fläche des Erschließungsgebietes [ha]</b>	<b>1414,1287</b>
Länge der Fahrwege [m]	79715,68
Länge der Randwege [m]	14123,96
Randwege / 2 [m]	7061,98
<b>Erschließungswirksame Fahrwegelänge [m]</b>	<b>72653,70</b>
<b>Wegedichte WD [m/ha]</b>	<b>51,38</b>
<b>Wegeabstand WA [m]</b>	<b>194,60</b>
<b>Wirksamer Wegeabstand <math>WA_w (k_N \times WA)</math> [m]</b>	<b>280,20</b>
<b>E% nach BACKMUND – E%<sub>BACKMUND</sub></b>	<b>69,4%</b>
Erschließungsbandbreite = $WA/2$ [m]	97,30
Erschlossene Fläche [ha]	980,9758
<b>Technisches E% - E%<sub>TECHNISCH</sub></b>	<b>86,3%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	150
Erschlossene Fläche [ha]	1219,9594
<b>E% nach Hess. Richtlinien - E%<sub>HESSEN</sub></b>	<b>98,8%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	300
Erschlossene Fläche [ha]	1396,4882
<b><math>RE_0</math> (= 2500 / WD)</b>	<b>48,7</b>
<b><math>RE_m</math> (= <math>(k_N \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>70,1</b>
<b><math>RE_m</math> (= GIS- gestützt)</b>	<b>79,1</b>
<b><math>RE_t</math> (= <math>(k_G \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>98,8</b>
Korrekturfaktoren nach BACKMUND	
$k_N$ (= $100 / E\%_{BACKMUND}$ )	1,44
$k_R$	1,41
$k_G$	2,03
<b>Fahrbahnfläche bei durchschnittlich 3,5m Fahrbahnbreite [ha]</b>	<b>23,7668</b>

sätzliche substantielle Schlußfolgerungen bezüglich der Qualität von Wegenetzen zuläßt.

## Mehrfacherschließung

Die Größe von mehrfach erschlossenen Flächen in Hektar bzw. deren prozentualer Anteil an der theoretisch maximal möglichen Erschließung wurde in der vorliegenden Arbeit für das Gebiet des Stadtwaldes Göttingen in Abhängigkeit von den verschiedenen Bandbreiten des jeweiligen Erschließungsprozents berechnet (vgl. Kap. 3.3.5).

Betrachtet man die Differenz zwischen der theoretischen Maximalerschließung einer Referenzgeraden und der durch Fahrwege tatsächlich erschlossenen Fläche für das untersuchte Gebiet des Göttinger Stadtwaldes, so wurden im Status quo Mehrfacherschließungen von 30,8% ( $E\%_{\text{BACKMUND}}$ ,  $b = 194,6 \text{ m}$ ), 44,2% ( $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ ,  $b = 300 \text{ m}$ ) bzw. 68,2% ( $E\%_{\text{HESSEN}}$ ,  $b = 600 \text{ m}$ ) errechnet (Tab. 12). Legt man die nach  $E\%_{\text{BACKMUND}}$  und  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  abgeleiteten Werte der Mehrfacherschließungen zugrunde, dann sind etwa ein Drittel aller Flächen des Untersuchungsgebietes durch Fahrwege mehrfach erschlossen. Der nach  $E\%_{\text{HESSEN}}$  abgeleitete Anteil mehrfach erschlossener Flächen von mehr als zwei Drittel der gesamten Fläche des Erschließungsgebietes ist der größte Wert

**Tab. 12:** Mehrfacherschließung im Status quo

	STATUS QUO		
	ERSCHLIEßUNGSSZENARIO		
	BACKMUND	Technisch	Hessen
<b>erschließungswirksame Fahrwegelänge in [m]</b>	72653,70	72653,70	72653,70
<b>Gesamtbandbreite in [m]</b>	194,60	300,00	600,00
<b>real erschlossene Fläche in [ha]</b>	980,9758	1219,9594	1396,4882
<b>theoretisches Maximum in [ha]</b>	1416,8152	2186,6796	4387,4963
<b>Differenz in [ha]</b>	435,8394	966,7202	2991,0081
<b>Differenz in [%]</b>	30,8	44,2	68,2

Die hohen Anteile an mehrfach erschlossenen Flächen im Status quo sind – neben dem un-

günstigen Verhältnis von hoher Wegedichte zu nur mäßig guter Erschließungswirkung – ein weiterer Hinweis darauf, daß die Erschließungssituation im Stadtwald Göttingen aus forstbetrieblicher Sicht als nicht optimal einzustufen ist. Ursache hierfür ist die zum Teil sehr ungünstige Lage der Fahrwege zueinander, was insbesondere in Teilen des Reviers Hainberg durch den mehr oder weniger parallelen Verlauf mehrerer Fahrwege in geringem Abstand zueinander bzw. deren spitzwinkliges Aufeinandertreffen in Kreuzungs- oder Einmündungsbereichen deutlich wird.



#### 4.2.1.2 Wegequalität und Kostenaspekte

Im Anhalt an *DIETZ et al. (1984)* gelten unter anderem die folgenden technischen Parameter für Waldfahrwege (Tab. 13):

**Tab. 13:** Ausgewählte technische Parameter für Waldfahrwege

<b>Längsneigung</b>	2 – 10 % (in Ausnahmefällen 12%, in Kehren $\leq 5$ %)
<b>Mindestausrundungsradien</b> bei Neigungswechsel bzw. Neigungsänderungen	für Kuppen: $r_k = 400$ m für Wannen: $r_w = 200$ m
<b>Mindestkurvenradien</b>	im Flachland: 50 m im Bergland: 20 m, Ausnahmen im steilen Gelände bei Kehren: 12 m
<b>Fahrbahnbreite</b> <b>Kronenbreite</b> (Fahrbahnbreite + 2 x Bankette)	3,50 m 4,50 m
<b>Böschungsausformung</b>	bergseitig (Einschnitt): 1 : 1 talseitig (Auffüllung): 4 : 5 – 1 : 1½
<b>Querneigung</b> der Fahrbahn	ca. 5 – 7 %
<b>Oberflächenbeschaffenheit</b> der Deckschicht	Splitt-Sand-Gemische 0/11, Kies-Sand-Gemische 0/16, bindemittelfrei

Dieser „forstübliche“ Ausbaustandard ist bis auf einige mit bituminösen Bindemitteln befestigte Wegeabschnitte auch kennzeichnend für die Fahrwege im Stadtwald von Göttingen. Der notwendige Verkehr im Rahmen des Holztransportes ist auf Waldfahrwegen mit den o.g. technischen Parametern bei entsprechender Wegeunterhaltung dauerhaft und weitestgehend witterungsunabhängig möglich.

Alle Fahrwege im Untersuchungsgebiet und insbesondere die vorwiegend zur Holzabfuhr genutzten Hauptmagistralen zeichnen sich durchgängig durch eine sehr gute Qualität aus. Allein aus dem ökonomischen Blickwinkel des Forstbetriebes heraus betrachtet, erscheint der gegenwärtige durchschnittliche Ausbaustandard der Fahrwege sogar übertrieben hoch. Da hier allerdings die Belange des stadtnahen, vielbesuchten Erholungswaldes im Vordergrund stehen, muß der Wegezustand differenzierter bewertet werden.

Der hohe Ausbaustandard kann nur durch laufende Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen dauerhaft gewährleistet werden. Die permanente Kontrolle der Wegequalität bildet die Grundlage für ein – vom Stadtforstamt schon seit langem erfolgreich realisiertes – Instandhaltungsmanagement. In diesem Zusammenhang ist eine weitere Besonderheit von stadtnahen, ständig im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehenden Forstämtern zu sehen. Diese Besonderheit kann als eine Art *Öffentliches Controlling* bezeichnet werden und basiert auf der zeitnahen Benachrichtigung des Forstamts durch die Waldbesucher, beispielsweise über aktuell auftretende Schäden oder Unzulänglichkeiten an den Wegen. Dadurch kann das Forstamt frühzeitig Problembereiche lokalisieren und in relativ kurzer Zeit angemessen reagieren.

Es steht außer Frage, daß die Erhaltung des gegenwärtigen Ausbaustandards auf ca. 80 Kilometer Fahrwegelänge im Untersuchungsgebiet – mit einem nicht zu unterschätzenden Anteil LKW- fähiger Wege mit Bindemitteln (Beton- oder Schwarzdecke) – außerordentlich kostenin-

tensiv ist. Wird als Kalkulationsbasis der durchschnittliche Aufwand für Instandsetzung und Unterhaltung von LKW-fähigen, bindemittelfreien Fahrwegen innerhalb der Niedersächsischen Landesforstverwaltung im Jahre 1996 mit ca. 0,43 DM/lfm (*JAHRESBERICHT DER NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESFORSTVERWALTUNG, 1996*) zugrundegelegt, so würden sich jährliche Aufwendungen zum Erhalt der Fahrwege im Untersuchungsgebiet in der Größenordnung von etwa 35.000 DM insgesamt oder 25 DM/ha ergeben. Da allerdings davon auszugehen ist, daß die Wegeinstandhaltungskosten aufgrund der erhöhten Anforderungen an die Infrastruktur des stadtnahen Waldes weit über dem Landesdurchschnitt liegen, wird deutlich, daß diese o.g. Beträge als Kalkulationsrahmen ungeeignet sind. Als realistischere Vergleichswerte können die Angaben von *BECKER (1998)* für ausgewählte Forstämter Baden-Württembergs mit hohen Anteilen stadtnaher Wälder herangezogen werden. Die Spanne der Instandhaltungskosten im Jahre 1996 reicht dabei von 1,39 DM/lfm (Pforzheim) bis 1,62 DM/lfm (Stuttgart). Dadurch, daß der Haushaltsplan des Forstamtes explizit keine durchschnittlichen Kostenkennziffern für die Fahrwegeinstandhaltung ausweist, wurde für den Vergleich der einzelnen Planungssituationen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung – basierend auf den o.g. Vergleichszahlen – vereinfachend ein Kalkulationswert von 1,00 DM/lfm Instandhaltungskosten angenommen. Somit ergibt sich ein jährlicher Instandhaltungsaufwand von insgesamt rund 80.000 DM. Bezogen auf das Gesamtbudget des Jahres 1996 (vgl. Tab. 2) müßten demnach etwa 5% des Budgets für die Fahrwegeinstandhaltung veranschlagt werden. Verglichen mit der von *BECKER (1995)* getroffenen Feststellung, daß die Wegeinstandhaltung in den Landesforsten Baden-Württembergs mit ca. 8% nach Holzernte und Kulturen, aber noch vor Bestandespflege und Forstschutz die drittgrößte einzelbetriebliche Kostenstelle ist, zeigt sich, daß der Anteil des Instandhaltungsaufwandes am Budget des Stadtforstamtes Göttingen relativ niedrig, die Hektarbelastung dagegen mit ca. 57 DM/ha (zum Vergleich: LFV<sup>7</sup> Baden-Württemberg 1996: 50,2 DM/ha) sehr hoch ist.

Mit dem Ziel einer dauerhaften Erhaltung des gegenwärtigen Ausbaustandards der Fahrwege im Untersuchungsgebiet ergibt sich somit das Problem, daß einerseits nur knappe Mittel im Haushalt für die Wegeinstandhaltung verfügbar sind, andererseits vor allem die hohen Ansprüche der Freizeit- und Erholungsnutzer, aber auch die forstbetrieblichen Notwendigkeiten den Einsatz beträchtlicher Finanzen erfordern. Da mittelfristig nicht mit einer erheblichen Aufstockung des Budgetrahmens gerechnet werden kann, soll die im Zuge dieser Arbeit vorgeschlagene Reoptimierung des Wegenetzes einen Ausweg aus diesem Problemkreis bieten. Durch das nachhaltige Absenken der zu unterhaltenden Wegelänge können bislang in Instandhaltungsmaßnahmen gebundene Mittel freigesetzt und auf das optimierte Wegenetz konzentriert werden.

---

<sup>7</sup> LFV: Landesforstverwaltung

#### 4.2.2 Freizeitwegenetz

Auf die Schwierigkeiten bei der Analyse des Bedarfs an Freizeitwegen wurde bereits im Kapitel 2.2 hingewiesen. Im Gegensatz zu den klar definierten qualitativen und quantitativen Parametern forstwirtschaftlicher Wegenetze ist der Bedarf an Freizeitwegen nicht eindeutig artikuliert und nur sehr schwer faßbar. Wissenschaftlich fundierte Verfahren zum Abschätzen einer optimalen Freizeitwegedichte, vergleichbar der analytischen Methode des Gesamttransportkostenminimums zur Bestimmung der optimalen Wegedichte für forstwirtschaftliche Wegenetze, sind bislang nicht bekannt und dürften aufgrund der Vielschichtigkeit dieser Problematik nur schwer realisierbar sein. Um die nutzerspezifischen Anforderungen an ein stadtnahes Freizeitwegenetz dennoch konkret darstellen zu können, wurde in der vorliegenden Arbeit das Konzept einer Befragung ausgewählter, repräsentativer Vertreter (Experten) der wichtigsten Nutzungsarten erarbeitet und angewandt (vgl. Kap. 3.4.2). Diese Datenerhebung *direkt an der Quelle* sollte den ständigen Bezug zu den regionalen Besonderheiten des Untersuchungsgebietes gewährleisten und – ergänzt um die themenbezogenen Informationen aus der einschlägigen Fachliteratur – eine möglichst objektive Grundlage für die nachfolgenden Planungs- und Optimierungsansätze liefern.

Als erstes galt es, die für die Untersuchung relevanten Hauptnutzungsarten zu identifizieren und diese zu Gruppen mit gleichen oder zumindest ähnlichen Anforderungen an die Wege im Stadtwald zusammenzufassen. Nach Auswertung der vorliegenden, allerdings nicht sehr umfangreichen Literatur (vgl. Kap. 4.2) und ausgehend von den Erfahrungen und Kenntnissen der Mitarbeiter des Stadtforstamtes, deren ständige Präsenz in allen Teilen des Untersuchungsgebietes ein hohes Maß an Objektivität bei der Beurteilung der Besucherstruktur sichert, wurden folgende Nutzergruppen gebildet:

- Spaziergänger, Wanderer, Jogger;
- Reiter;
- Mountainbiker;
- Radfahrer;
- Jäger.

Der in Anlehnung an *ATTESLANDER (1993)* erarbeitete teilstrukturierte Leitfaden (vgl. Anhang 8) wurde zunächst mit zwei ausgewählten Mitarbeitern des Stadtforstamtes getestet. Die hier gewonnenen Informationen dienten einerseits als Referenzdaten für spätere Vergleiche und lieferten andererseits erste Hinweise auf konkrete Ansprechpartner (Experten). Die Ergebnisse der Befragungen sind aus der Zusammenstellung im Anhang 6 ersichtlich.

Die Expertenbefragung wurde nach der im Kapitel 3.4.2 beschriebenen Methodik durchgeführt. Interviewt wurden zwei Vertreter des Sport- und Bäderamtes, zwei Mitglieder eines örtlichen Reitvereines, ein Mitglied des die Belange der Spaziergänger und Wanderer vertretenden Göttinger Verschönerungsvereins sowie je ein Vertreter des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-

Clubs, der Abteilung Mountainbikesport eines ortsansässigen Turn- und Sportvereins und der Jägerschaft (Inhaber eines Jagderlaubnisscheines für das Gebiet des Stadtwaldes).

Teilweise ergaben sich bei den befragten Personen Überschneidungen einerseits durch das Ausüben verschiedener Freizeitinteressen durch ein und dieselbe Person (z.B. Reiter und Radler) und andererseits durch die Kombination von hauptamtlicher Tätigkeit (Beamter der Stadtverwaltung) und Freizeitinteressen (begeisterter Jogger).

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Expertenbefragungen differenziert nach den Themenkomplexen Wegedichte/Nutzungsintensität, Wegequalität und Überlagerungsmöglichkeiten / Konfliktvermeidung von verschiedenen Nutzungsarten zusammengefaßt dargestellt und vor dem Hintergrund der Fachliteratur – soweit vorhanden – diskutiert (Anhang 6, Anhang 6).

#### 4.2.2.1 Wegedichte / Nutzungsintensität

Das Ziel dieses Fragenkomplexes bestand darin herauszuarbeiten, inwieweit das vorhandene Wegenetz im Stadtwald in quantitativer Hinsicht geeignet ist, den Ansprüchen verschiedener Freizeitnutzer gerechtzuwerden. Es sind drei Situationen denkbar:

1. Das gegenwärtige Angebot an Wegen ist zu gering, um die in der Folge des wachsenden Besucherverkehrs in den stadtnahen Waldungen steigende und zusätzliche Nachfrage befriedigen zu können. Will man einen Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage erreichen, führen Planung und Realisierung von kostenträchtigen Neubau- bzw. Umstrukturierungsmaßnahmen zwangsläufig zu Mehraufwendungen für den Forstbetrieb.
2. Angebot und Nachfrage befinden sich im Gleichgewicht. Dies entspricht dem angestrebten Optimalzustand.
3. Es besteht ein Überangebot an Wegen. Dies verursacht zum einen unnötig hohe Instandhaltungsaufwendungen und beeinträchtigt zum anderen mehr als nötig das Ökosystem Wald durch eine zu flächenintensive Nutzung. Die Anpassung (Reduktion) des Wegenetzes birgt in diesem Fall die Möglichkeit, im Zuge nachhaltiger Waldbewirtschaftung im Einklang mit den Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes, Wegeflächen zu renaturieren. Diese Optimierung kann je nach Art der Umsetzung zunächst ebenfalls mit mehr oder weniger hohen investiven Kosten verbunden sein, ermöglicht aber auf längere Sicht unter anderem durch den Wegfall aufwendiger Unterhaltungsmaßnahmen finanzielle Einsparungen und bringt Verbesserungen auch in ökologischer Hinsicht.

Betrachtet man die Ergebnisse der Erfassung des forstbetrieblichen Wegenetzes im Status quo (vgl. Kap. 4.2.1) und die aus den Befragungen stammenden Erkenntnisse hinsichtlich der Wegedichte, so kann für das Gebiet des Stadtwaldes im allgemeinen von der unter Punkt 3 beschriebenen Situation ausgegangen werden:

Keiner der befragten Repräsentanten der verschiedenen Nutzungsarten beurteilte aus seiner Sicht die Wegedichte im Stadtwald als nicht ausreichend. Seitens des Forstamtes und der Jäger wird die Wegedichte sogar als überhöht bewertet. Damit scheidet die erste der o.g. Möglichkeiten, d.h. die Notwendigkeit eines gezielten Zu- bzw. Ausbaus von Freizeitwegen, aus. Die Mehrheit der Interviewten – dazu gehören die Vertreter der Spaziergänger, Wanderer, Jogger, des Sport- und Bäderamtes, der Reiter sowie der Radler und Mountainbiker – schätzen das Angebot als völlig ausreichend für ihre spezifischen Interessen ein. Unter Berücksichtigung der allgemeinen Tendenz, „kostenlose“ Leistungen exzessiv nachzufragen, kann diese Zufriedenheit mit der derzeitigen (quantitativen) Ausstattung sogar als Indiz für ein gewisses Überangebot gewertet werden.

Man muß ebenfalls in Betracht ziehen, daß für viele Waldbesucher das Gebiet des Stadtforstamtes nicht alleiniges Betätigungsfeld ist. Einige Freizeitnutzungen, wie z.B. das Radwandern oder Mountainbiking, übersteigen die durch die Flächengröße des Stadtwaldes objektiv vorgegebenen Möglichkeiten bei weitem (Touren von 20 – 150 km, vgl. Anhang 6), so daß dessen Wege häufig nur Teilabschnitte in weitreichenderen Streckennetzen darstellen.

Die von den Befragten im einzelnen geäußerten Vorstellungen über die Länge der für ihre Interessen jeweils notwendigen Wege bewegten sich weitestgehend im Rahmen der in der Literatur veröffentlichten Werte. So wurde beispielsweise von den befragten Reitern eine Wegelänge von durchschnittlich 7 – 9 km für einen etwa einstündigen Ausritt angegeben, was den Literaturempfehlungen (zweistündige Ausritte 10 – 20 km, vgl. Kap. 4.2.2) nahekommt. Aus den Befragungen der Reiter wurde weiterhin deutlich, daß erhebliche Unterschiede in der Wegebenutzungsintensität von organisierten Mitgliedern ortsansässiger Reitvereine und nichtorganisierten Reitern bestehen. Während die Mitglieder der Reitvereine teilweise über sehr gut ausgebaute, eigene Reitanlagen (Reithallen und Außenanlagen) verfügen, sind die nichtorganisierten Reiter gezwungen, ihren Pferden auf andere Weise den notwendigen Auslauf zu gewährleisten. Oftmals werden dazu Ausritte in den nahegelegenen Wald oder in die Feldflur unternommen. Nach Angaben der befragten organisierten Reiter ist die Häufigkeit dieser Ausritte hauptsächlich abhängig von der Jahreszeit und von der Witterung. Während die Nutzung der vereinseigenen Reitanlagen fast täglich erfolgt, werden Ausritte in die Umgebung durchschnittlich einmal pro Woche, vorwiegend am Wochenende, durchgeführt. Ein gemeinsam mit dem Stadtforstamt abgestimmtes Reitwegenetz liegt den Reitvereinen kartenmäßig vor und wird nach Aussagen der Befragten auch weitgehend eingehalten.

Etwas deutlicher differiert die von den Repräsentanten des Göttinger Verschönerungsvereins für die Gruppe der Wanderer und Spaziergänger geforderte durchschnittliche Länge von Wanderwegen (etwa 5 km) von den in der Fachliteratur gefundenen Werten (ca. 10 km). Ein Grund hierfür dürfte das relativ hohe Durchschnittsalter dieser Personengruppe sein. Begünstigt durch die stadtwaldnahe Lage des Altenwohnstifts im Stadtteil Geismar besteht für dessen Bewohner

eine ausgezeichnete Möglichkeit zu ausgedehnten Spaziergängen, so daß der Anteil älterer Erholungssuchender im Wald zumindest in der näheren Umgebung des Wohnstifts entsprechend hoch ist. Bestärkt wird diese Vermutung durch den während der Befragung geäußerten Wunsch nach einer hohen Anzahl von Rastgelegenheiten (Sitzbänke alle 1.000 m). Das Wanderwegenetz im Stadtwald kann sowohl nach Meinung der befragten Personen, als auch unter Zugrundelegen der Kriterien aus der Fachliteratur damit als quantitativ sehr gut eingeschätzt werden.

Aus der Sicht der Jogger ergab die Befragung, daß ein ausreichendes Angebot an geeigneten Laufstrecken besteht, wobei diese sich nicht ausschließlich auf das Gebiet des Stadtwaldes beschränken. Infolge der großen Unterschiede in den individuellen Bedürfnissen dieser Freizeitsportler wurden keine konkreten quantitativen Längenangaben gemacht. Die Aussage, wonach das Auflassen bestimmter Wegeabschnitte zur Renaturierung durchaus toleriert würde, da genügend Alternativen vorhanden seien, läßt sogar ein für diese Zwecke eher überhohes Angebot an Waldwegen vermuten.

Im Zusammenhang mit dem Freizeitsport wurde im Revier Hainberg bereits vor längerer Zeit ein Trimpfad eingerichtet, der mit ca. 2 km Länge genau den quantitativen Vorgaben aus der Literatur entspricht. Nach übereinstimmenden Aussagen verschiedener Nutzergruppen (Forstamt, Sport- und Bäderamt, Verschönerungsverein) erfüllt dieser Trimpfad allerdings nicht die anfangs in ihn gesetzten Erwartungen. Die Ursachen hierfür liegen wohl weniger in der Ausgestaltung des Trimpfades, als vielmehr im mangelnden Interesse seitens der Bevölkerung. Der vom Stadtforstamt getragene Aufwand für die Unterhaltung des Trimpfades stand letztendlich in keinem Verhältnis zu seiner Nutzung durch Freizeitsportler. Dies führte dazu, daß die Aktivitäten zum Erhalt des Trimpfades eingestellt wurden.

Ein völlig anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Forstlichen Lehrpfades im Stadtwald. Der mit einer Länge von ca. 2,5 km den diesbezüglichen Literaturangaben entsprechende Pfad wird vor allem an Wochenenden und Feiertagen bei entsprechend guter Witterung von Erholungssuchenden sehr gern und häufig angenommen.

Bei dem Versuch, den Bedarf an Radwegen (Radwanderwege oder MTB-Strecken) für das Gebiet des Stadtwaldes Göttingen zu quantifizieren, wird deutlich, daß die objektiv gegebenen Flächenkapazitäten nicht ausreichen, um ein eigenständiges, attraktives Radwegenetz ausweisen zu können. Aufgrund der großen Aktionsradien (Tagestouren von bis zu 150 km) können die Waldwege des Stadtforstamtes lediglich Teilabschnitte im Tourenplan der Radler darstellen. Dies wiederum entspricht den Empfehlungen anderer Autoren, Radwegenetze möglichst kreisübergreifend bzw. großflächig auf Kreis- oder Gemeindeebene zu planen. Ein Mangel an radfahrgeeigneten Strecken wurde jedenfalls nicht festgestellt.

In Tab. 14 werden für das untersuchte Stadtwaldgebiet in Göttingen die Längen der Freizeitwege und die daraus resultierenden Wegedichten zusammengefaßt. Hierbei ist zu beachten, daß

es zu Überschneidungen von verschiedenen Kategorien kommt (z.B. Wanderweg ist gleichzeitig Lehrpfad u.ä.).

**Tab. 14:** Wegelängen und Wegedichten von Freizeitwegen im Stadtwald

	Wanderwege	Reitwege	Lehrpfade	Trimpfade
<b>Länge in Meter</b>	76.000	33.000	2.500	2.000
<b>WD in lfm/ha*</b>	56	24	1,8	1,5

*\*bezogen auf 1.353,6856 ha (Reviere Hainberg und Göttinger Wald); Angaben gerundet*

Aufgrund der geschilderten Befragungsergebnisse kann davon ausgegangen werden, daß die gegenwärtige Ausstattung des Göttinger Stadtwaldes mit Freizeitwegen den Ansprüchen der jeweiligen Nutzergruppen weitgehend gerecht wird. Das gegenwärtig vorhandene Freizeitwegenetz kann somit in ein multifunktionales Erschließungskonzept übernommen werden.

Inwieweit auch eine geringere Ausstattung noch ausreichend wäre, läßt sich allenfalls tendenziell für die Joggingwege vermuten, war jedoch aus der Expertenbefragung nicht konkret abzuleiten. Der Versuch, durch eine Absenkung der Wegedichte bis zur „Schmerzgrenze“ (Bürgerprotest) den gerade noch akzeptablen Zustand „anzutesten“, ist kaum praktikabel, jedenfalls aber im Rahmen dieser Arbeit nicht realisierbar.

Auf eine „Wiederbelebung“ des Trimpfades im Revier Hainberg sollte zum jetzigen Zeitpunkt verzichtet werden. Wenn sich früher oder später diesbezüglich ein wachsender Bedarf abzeichnen sollte, ist die bereits vorhandene Trasse bei einer entsprechenden Ausgestaltung durchaus geeignet, den gängigen Anforderungen an solche Freizeiteinrichtungen gerecht zu werden.

Bei der ständig zunehmenden Bedeutung von Freizeitwegenetzen im Nahbereich größerer Siedlungen sollten zukünftig geeignete Kennziffern zur quantitativen Charakterisierung solcher Wegenetze geschaffen werden, um unter anderem auch die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Gebieten zu ermöglichen. Denkbar wären zum Beispiel Richtwerte wie Freizeitwege in lfm pro Einwohner im Einzugsgebiet oder Reitwege in lfm pro Pferd im Einzugsgebiet u.ä..

#### 4.2.2.2 Wegequalität / Linienführung

Sowohl die Aspekte der Wegequalität wie Längsneigung, Oberflächenbeschaffenheit, Dimensionierung, Wasserableitung, Erhaltungszustand usw. als auch Fragen der Linienführung in der Landschaft und der Gestaltung von wegebegleitenden Einrichtungen (Ausschilderung, Rastmöglichkeiten u.ä.) wurden im Verlauf der Befragungen auf den gegenwärtigen Standard ganzjährig befahrbarer forstwirtschaftlicher Hauptwege bezogen.

Den ökonomischen Interessen des Forstbetriebes kommt eine möglichst kurze und gerade – aber dennoch geländeangepaßte – Linienführung entgegen, die unter Vermeidung unnötiger Übererschließung und unter Schonung ökologisch sensibler Bereiche allen Aufgaben gerecht wird, die an eine moderne Walderschließung gestellt werden. In diesem Punkt unterscheiden

sich die Präferenzen des Forstbetriebes am augenfälligsten von denen der verschiedenen nichtforstlichen Interessengruppen: Sowohl die Befragungsergebnisse als auch die Hinweise aus der Fachliteratur zeigen, daß der überwiegende Teil der Freizeitnutzer aus verständlichen Gründen kurvenreiche (sich schlängelnde), in landschaftlich reizvoller Umgebung verlaufende und abwechslungsreiche Waldwege bevorzugen. Hinsichtlich ihrer Lage werden Randwege mit Ausblickmöglichkeiten bevorzugt, die erschließungstechnisch als ungünstig gelten. Solche Wege, die im Gebiet des Göttinger Stadtwaldes zweifelsohne vorhanden sind, wurden wiederholt bei der Frage nach konkreten „Lieblingsstrecken“ genannt und fanden dementsprechend Berücksichtigung bei der Planung des Optimalmodells (vgl. Kap. 4.3).

Gemeinsamkeiten zwischen allen Nutzergruppen bestehen darin, daß bindemittelfreien Bauweisen der Vorrang zu gewähren sei. Vor allem die Reiter lehnen mit dem Hinweis auf die Verletzungsgefahr für ihre Pferde bituminöse Fahrbahnaufbauten vehement ab. Ein Reitweg sollte demnach eine elastische, aber trittfeste und flachgründige Oberfläche aus weichem, erosionsfestem Material (mittlere bis grobe Sande, kornabgestuft, nicht staubend) aufweisen.

Während das Forstamt bei Wegebaumaßnahmen, die den Einbau von Material erfordern, die Verwendung teureren Basaltmaterials gegenwärtig einschränkt und dafür auf preiswerteres, weil ortsnahe Kalkmaterial zurückgreift, wurde speziell von den befragten Mountainbikern Basaltschotter als Deckschichtmaterial präferiert, da Kalkmaterial bei ungünstiger Witterung aufweiche und eine weiche Oberfläche auch im Verlauf von MTB-Strecken nur auf kurzen Abschnitten akzeptiert würde.

Einig sind sich die interviewten Experten darin, daß die gegenwärtig im Stadtwald vorhandenen Längsneigungen der Waldfahrwege den Anforderungen der verschiedenen Interessengruppen weitestgehend gerecht werden. Von den Spaziergängern werden eher ebene bis leicht geneigte Wege ohne übermäßige Querneigung bevorzugt. Demgegenüber würden nach Meinung der befragten Reiter und Mountainbiker kürzere Steilstrecken die Attraktivität der Wege für diese Nutzergruppen durchaus erhöhen.

In Tab. 15 werden in **Tab. 15:** Richtwerte für Längsneigungen verschiedener Wegekategorien

Anlehnung an die *RICHTLINIEN FÜR DEN LÄNDLICHEN WEGEBAU* (1975) Richtwerte für die Längsneigung verschiedener Wegekategorien dargestellt, die auch für die gegebenen Verhältnisse im Stadtwald Göttingen zutreffen.

<b>Wegekategorie</b>	<b>Längsneigung</b>
forstwirtschaftliche <b>Hauptwege</b>	optimal: 2 – 6 % bis zu 12 % im Gebirge
forstwirtschaftliche <b>Zubringerwege</b>	optimal: 2 – 6 % bis zu 15 % (Ausnahmen 20 %) im Gebirge
forstwirtschaftliche <b>Rückwege</b>	bis zu 25 %
eigenständige <b>Fußwege</b>	bis zu ca. 15 %
<b>Wanderwege</b>	gering
<b>Radwege</b>	bis zu ca. 6 %



Die Aussagen der Befragten hinsichtlich der Wegebreite bewegten sich ausnahmslos innerhalb der durch die Literatur vorgegebenen Spanne. Die Zusammenstellung der diesbezüglichen Werte in Tab. 16 beruht sowohl auf den Literaturquellen als auch auf den Ergebnissen der Expertenbefragungen.

**Tab. 16:** Richtwerte für Fahrbahn- bzw. Wegebreiten verschiedener Wegekategorien

<b>Wegekategorie</b>	<b>(Mindest) Fahrbahn-/ Wegebreite</b>
forstwirtschaftliche Hauptwege	3,50 m
forstwirtschaftliche Zubringerwege	3,50 m
forstwirtschaftliche Rückewege	3,00 m
eigenständige Fußwege	≥ 1,50 m
Wanderwege	≥ 1,50 m
Waldsport-/ Lehrpfade	≥ 1,50 m
Radwege	1,40 – 1,60 m (Gegenverkehr)
Reitwege	2,50 – 3,00 m

Der laufenden Wegeunterhaltung wird von den meisten Nutzern große Bedeutung beigemessen. Lediglich für die Anhänger des MTB-Sports spielt der aktuelle Erhaltungszustand der von ihnen genutzten Wegstrecken eine untergeordnete Rolle. Der zur Zeit vorhandene allgemeine Zustand der Wege des Stadtwaldes wird einheitlich von allen Interviewten als gut bezeichnet, wobei in diesem Zusammenhang häufig auf die Problematik einer intakten Wasserableitung verwiesen wurde.

Befragt zur Thematik der wegebegleitenden Einrichtungen äußerte sich die Mehrzahl der Probanden in erster Linie zur Beschilderung der Wege. Nicht alle Nutzergruppen halten eine Ausschilderung für notwendig, so z.B. Jogger und Mountainbiker. Das mag an der besseren Ortskenntnis liegen, über die diese ihren Sport häufiger ausübenden Personen verfügen. Daneben wurden in geringerem Maße Themen wie die Kapazität der stadtwaldnahen Parkplätze, ihre Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln, die Schaffung und Unterhaltung von Rastmöglichkeiten sowie Fragen des „Sich-Sicher-Fühlens“ im Wald behandelt.

Es kann zusammenfassend festgehalten werden, daß bei der gemeinsamen Nutzung der Waldwege mit anderen Interessengruppen Kompromisse in Sachen Ausbaustandard und Linieneinführung in Kauf genommen werden müssen und können. Dessen sind sich alle im Rahmen der vorliegenden Untersuchung befragten Personengruppen durchaus bewußt. Als eine solche gute Kompromißlösung werden nach den Ergebnissen der Experteninterviews die Waldfahrwege des Stadtforstamtes in ihrer aktuellen Verfassung angesehen und größtenteils akzeptiert.

#### 4.2.2.3 Nutzungsüberlagerungen / Vermeidung von Konflikten

Ausgehend von den folgenden grundsätzlichen Überlegungen zur Problematik der Nutzungsüberlagerungen auf Waldwegen, den daraus resultierenden Konfliktsituationen und den Möglichkeiten ihrer gezielten Vermeidung werden die Ergebnisse der Expertenbefragungen dargestellt (vgl. auch Kap. 3.2).

- Die land- und forstwirtschaftlichen Wege stehen in der Regel auch dem Fußgänger- und Radfahrverkehr offen. Darüberhinaus kann es erforderlich sein, besondere Wege oder Wegenetze (Freizeitwege) anzulegen (RLW 1975).
- Soweit möglich sollten Fuß- und Radwege mit land- und forstwirtschaftlichen Wegen zusammengelegt werden.
- Gesondert davon sollte ein eigenes Netz an Reitwegen und MTB-Strecken ausgewiesen werden, diese müssen dann speziell gekennzeichnet werden.
- Eine Trennung der Wege für Fußgänger, Radwanderer und Reiter sollte angestrebt werden.

Während bei den Ansichten der Befragten zu den beiden vorangegangenen Themenkomplexen (Wegedichte/Nutzungsintensität und Wegequalität/Linienführung) ein gewisser Grundkonsens erkennbar war, gingen die Meinungen zur Thematik der Nutzungsüberlagerungen in stärkerem Maße auseinander. Auch wenn alle interviewten Personen ohne Ausnahme der Überzeugung waren, daß bei entsprechender Rücksichtnahme und wenn keine übermäßige Nutzungsintensität vorliegt ein weitgehend konfliktfreies Miteinander der verschiedenen Nutzergruppen möglich sein sollte, so wurden doch mehrfach Bedenken im einzelnen geäußert: Kritisch sah man vor allem Situationen, an denen Reiter und Radfahrer beteiligt waren. Es wurden allerdings auch Hinweise gegeben, nach denen Maßnahmen des forstwirtschaftlichen Betriebsvollzugs (Holzernte, Holztransport u.a.) bei Waldbesuchern auf Ablehnung stoßen, wobei diese Haltung aber nicht nur konkret den Fragen der Walderschließung gilt, sondern sich eher gegen die sichtbaren Folgen einer wirtschaftlichen Nutzung des Waldes überhaupt wendet. Seitens der Jäger wurde auf Problemfälle verwiesen, die dann entstehen können, wenn Spaziergänger trotz entsprechender Verbote Hunde unangeleint frei laufen lassen.

In den nachfolgenden Übersichten (Tab. 17 und Tab. 18) sind als Ergebnis der Umfrage jene Situationen zusammengefaßt dargestellt, die nach Meinung der befragten Experten bei der Ausübung von Freizeitaktivitäten auf forstwirtschaftlichen Wegen zu Konflikten führen können. Die Zusammenstellung geht davon aus, daß forstwirtschaftliche Wege den einzelnen, unterschiedlichen Nutzerpräferenzen grundsätzlich und weitestgehend gerecht werden. Es wird deutlich, daß Konflikte vor allem dort nicht ausgeschlossen werden können, wo Fußgänger, Reiter und / oder Radfahrer auf Wegen zusammentreffen, auch wenn diese aufgrund ihres Ausbaustandards geeignet sind, bei getrennter Nutzung den Ansprüchen all dieser Nutzergruppen zu genügen.

**Tab. 17:** Konfliktpotentiale bei der Nutzung von Forstwirtschaftswegen als Freizeitwege

		Freizeitwege					
		Spazieren	Wandern	Rad wandern	Reiten	Jogging	MTB
Forstwirtschaft	Hauptfahrwege	+	+	(!)	!!	+	!!
	Zubringer	+	+	(!)	!!	+	!!
	RW, RG Schneisen	!!	+	!!	+	+	+

Erläuterungen:                                      !! Konfliktpotential hoch; (!) Konflikte möglich; + weitgehend problemlos  
 RW Rückewege, RG Rückegassen

Das Festlegen von miteinander zu vereinbarenden bzw. unvereinbaren Nutzungen darf dabei nicht nur durch die Gegenüberstellung von forstbetrieblichen Wegekategorien und ihrer Beanspruchung durch verschiedene Freizeitnutzungen erfolgen (Tab. 17). Von großer Bedeutung sind auch die Wechselbeziehungen zwischen den Kategorien der Freizeitwege und den Freizeitnutzungen untereinander selbst. Anhand der in Tab. 18 zusammengefaßten Erkenntnisse bezüglich der Möglichkeiten einer Mehrfachnutzung von Freizeitwegen wird deutlich, wo hier konfliktgeladene Nutzungsüberlagerungen drohen:

**Tab. 18:** Konfliktpotentiale zwischen den Kategorien der Freizeitwege untereinander

		Freizeitwege					
		Spazieren	Wandern	Rad wandern	Reiten	Jogging	MTB
Freizeitwege	Wanderwege	+	+	(!)	(!)	+	!!
	Radwanderwege	+	+	+	(!)	+	+
	Reitwege	!!	(!)	!!	+	!!	!!
	Joggingstrecken	(!)	+	!!	!!	+	!!
	MTB-Strecken	!!	(!)	(!)	!!	!!	+

Erläuterungen:                                      !! Konfliktpotential hoch; (!) Konflikte möglich; + weitgehend problemlos

Kritikpunkte gegenüber den Radfahrern (Radtouristen und Mountainbiker) bezogen sich vor allem auf die Belästigung bzw. Gefährdung von Fußgängern oder Reitern, die dann entstehen können, wenn Radfahrer bei einer hohen Besucherintensität (z.B. an Wochenenden in der näheren Umgebung beliebter Ausflugsziele) zu schnell fahren, plötzlich und überraschend, ohne sich vorher bemerkbar zu machen, auftauchen oder beim Überholen nicht ausreichend Abstand einhalten. In der Folge kann es zu Schrecksituationen, im schlimmsten Falle zu Unfällen kommen. Als praktikabelste Möglichkeit, solche Konflikte zu vermeiden, sah die Mehrzahl der Befragten die Ausscheidung und Beschilderung eigenständiger Radwege an, wobei das Hauptproblem in einer zuverlässigen Bindung der Radler an solche Wege gesehen wurde.

Interessant in diesem Zusammenhang ist, daß nach Meinung speziell der Mountainbiker eine räumliche Trennung der Radwege vom übrigen Wegenetz nicht für notwendig erachtet wird, da sich die von MTB häufig frequentierten Gebiete in Bereichen mit eher geringem Besucherverkehr befänden. Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit, Geschwindigkeitsregelungen oder – wo angebracht – das Sperren bestimmter Wegeabschnitte für Radfahrer wurden als weitere Möglichkeiten genannt, die Gefährdung anderer Erholungssuchender zu minimieren. Ein gelungenes Beispiel für die Zusammenarbeit von Nutzern mit unterschiedlichen Interessen ist ein Flug- bzw. Merkblatt mit Verhaltensregeln für Radfahrer/Mountainbiker im Wald (vgl. Anhang 9, Anhang 10), welches gemeinsam von Vertretern des Staatlichen Forstamts Bovenden und eines ortsansässigen Mountainbikeclubs erarbeitet und veröffentlicht wurde.

Die dem Reiten auf Waldwegen gegenüber vorgebrachten kritischen Bemerkungen stützten sich im wesentlichen auf folgende Argumente:

- Bei übermäßiger Frequentierung der Waldwege durch Pferde sind Schäden am Fahrbahnaufbau nicht auszuschließen, die dann andere Nutzer stören,
- Bei der Begegnung von Reitern mit größeren Forstmaschinen oder plötzlich auftauchenden Radlern kann es dazu kommen, daß die Pferde scheuen und dadurch eine erhöhte Unfallgefahr entsteht,
- Manche Waldbesucher (z.B. ältere Spaziergänger oder kleine Kinder) fühlen sich in unmittelbarer Nähe von Pferden nicht sicher,
- Beim Verlassen von ausgewiesenen Reitwegen bzw. beim Reiten im Bestand sind eventuelle Schädigungen der Flora und Störungen der Fauna möglich.

Andererseits wird von Spaziergängern und Wochenendausflüglern (hier besonders Familien mit Kindern) die Begegnung mit Reitern oftmals auch als willkommene Attraktion positiv empfunden.

Ähnlich wie im Falle der Radfahrer werden die Möglichkeiten zur Vermeidung von Konflikten mit Reitern in erster Linie in einer Trennung der Nutzungsüberlagerungen, d.h. im Ausscheiden eines separaten Reitwegenetzes mit unmißverständlicher Ausschilderung und einer zuverlässigen Bindung der Reiter an diese Wege gesehen. Diese auch in der Fachliteratur vorherrschende Meinung wurde von allen Befragten vertreten. Als weitere mögliche Maßnahme wurde der Ausbau der Bankettbereiche von Hauptfahrrwegen und deren Freigabe zum Bereiten sowie eine Kennzeichnungspflicht für Pferde genannt, welche eine Identifikation derjenigen Reiter ermöglichen soll, die sich nicht an das ausgewiesene Reitwegenetz halten. Von den organisierten Reitern im Rahmen ihrer Vereinstätigkeit durchgeführte thematische Mitgliederschulungen tragen zweifellos dazu bei, in Problemsituationen angemessen zu reagieren; haben aber kaum Einfluß auf das Verhalten von nichtorganisierten Reitern. Diese „selbsterzieherischen“ Maßnahmen könnten jedoch durch eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit (Veröffentlichungen in Gemeindezeitungen, Verteilen von Flugblättern, Aufstellen von Hinweistafeln an Reitwegen o.ä.) alle Reiter erreichen.

Die Befragten sahen ausnahmslos das Forstamt in Vertretung der Stadt Göttingen als verantwortlich für den Zustand der Wege an. Ihrer Meinung nach sollte diese Verantwortlichkeit in Zukunft auch vor dem Hintergrund eines zunehmenden Besucherdruckes auf den Flächen des Stadtforstamtes in dieser Form geregelt werden. Administrative Lösungen zur Konfliktbereinigung (z.B. Polizeistreifen) werden nicht für notwendig und hilfreich erachtet.

Die zum Abschluß der einzelnen Interviews gestellte Frage nach der Bereitschaft der Nutzer, sich an den bislang allein durch das Stadtforstamt bzw. die Stadt getragenen Wegekosten mit eigenen finanziellen Beiträgen zu beteiligen, wurde von allen befragten Experten skeptisch gesehen bzw. abgelehnt. Begründet wurde dies unter anderem mit den Schwierigkeiten einer gerechten Erhebung solcher Beiträge und damit, daß die Stadtverwaltung – und damit auch die Belange des Forstamtes – ohnehin durch Steuergelder aus der Bevölkerung finanziert werde. Es wurde lediglich vereinzelt die Möglichkeit in Betracht gezogen, bei einer Übernutzung bestimmter Wegeabschnitte mit einhergehender schwerer Beschädigung des Wegekörpers, die Schadensverursacher finanziell an den Instandsetzungskosten zu beteiligen. Nach Meinung einiger Interessenvertreter kommen neben dem Forstbetrieb besonders die Reiter und in geringerem Maße auch die Mountainbiker als Verursacher von Wegeschäden in Frage. Das Einführen einer allgemeinen Kennzeichnungspflicht für Pferde wurde hier als eine Möglichkeit angesehen, zumindest die Reiter durch kostenpflichtige Reitmarken an den Aufwendungen der Wegepflege, in Form eines jährlichen Pauschalbetrags, zu beteiligen. Ein solches Modell der Kostenbeteiligung durch Reitmarken wird beispielsweise im Stadtwald von Freiburg seit längerem erfolgreich praktiziert.

### **4.3 Das optimierte Wegenetz**

Das folgende Kapitel befaßt sich mit den Ergebnissen der Optimierung des forstbetrieblichen Fahrwegenetzes und deren Beurteilung anhand der bereits bekannten Erschließungskennziffern. Es werden zwei Modelle diskutiert, die sich beide durch signifikante Verbesserungen der Erschließungsqualität gegenüber dem Status quo auszeichnen. Danach wird das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz vorgestellt, welches dann gemeinsam mit dem optimierten forstbetrieblichen Fahrwegenetz zu einem multifunktionalen Erschließungskonzept zusammengefaßt wird.

#### **4.3.1 Forstbetrieb**

Wie bereits im Kap. 3.4.1 methodisch erläutert wurde, erfolgte die Herleitung des optimierten Fahrwegenetzes schrittweise, ausgehend von einem – den Parametern einer modernen Erschließungsplanung entsprechenden – theoretischen Optimalmodell. Das theoretische Konzept wurde geländeangepaßt – allerdings ohne spezielle betriebliche Gegebenheiten zu berücksichtigen – allein nach den Gesichtspunkten einer bestmöglichen räumlichen Verteilung der Fahrwege auf der Grundlage der vorhandenen Erschließungssituation (Status quo) im GIS „am Rechner“ entworfen. Die Feinabstimmung auf die konkreten Besonderheiten des Untersuchungsgebietes erfolgte im Rahmen eines ständigen Gedankenaustausches mit den Mitarbeitern des Stadtforstamtes in Göttingen sowie unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Expertenbefragungen und führt zum Realkonzept. Die Ergebnisse dieses iterativen Planungsprozesses werden im Anschluß an die Erörterung des Theoretischen Modells dargestellt.

##### **4.3.1.1 Theoretisches Modell**

Gleichgelagerte Untersuchungen zur Fahrwegeoptimierung aus den letzten Jahren (*DEHNING, KEPPLER 1994, v. JANOWSKY, 1998, SONNTAG, 1998*) verfolgten einen einstufigen Optimierungsprozess. Das optimale Wegenetz wurde dabei direkt aus dem Status quo abgeleitet. Im Unterschied dazu wird im Rahmen des in der vorliegenden Untersuchung angewandten zweistufigen Verfahrens zunächst ein theoretisches Modell abgeleitet, welches die Grundlage zur Herleitung des konkreteren Realkonzepts bildet.

Entsprechend dem Vorgehen bei der Charakterisierung des Fahrwegenetzes im Status quo werden nachfolgend die verschiedenen Erschließungskennziffern für das Theoretische Modell vorgestellt und diskutiert. Zur Veranschaulichung dienen die grafischen Darstellungen im Anhang (vgl. Anhang 11 bis Anhang 14).

##### **4.3.1.1.1 Kennziffern zur Walderschließung**

Die folgenden Kenngrößen werden im Vergleich zu den entsprechenden Werten des Status quo und – soweit vorhanden – zu den Ergebnissen vergleichbarer Untersuchungen diskutiert:

## Wegedichte WD, Wegeabstand WA

Ausgehend von der mit 1.414,1287 Hektar dem Status quo äquivalenten Fläche des Untersuchungsgebietes, wurde die Wegedichte basierend auf einer erschließungswirksamen Fahrwegelänge von 40 km berechnet. Dabei wurde die Gesamtfahrwegelänge von 42,5 km um die Hälfte der Randwegelänge (ca. 2,5 km) – wegen des bereits besprochenen Effekts der einseitigen Erschließungswirkung – reduziert. Damit sank die erschließungswirksame Fahrwegelänge gegenüber dem Status quo (72,7 km) um 32,7 km. Gleichzeitig sank der Anteil der Randwege an der Gesamtfahrwegelänge von 18% im Status quo auf nunmehr noch 12% im Theoretischen Modell, was wiederum im Rahmen der Optimierung als positiv zu werten ist.

Die Wegedichte im Theoretischen Modell beträgt 28,3 lfm/ha und liegt damit um 23 lfm/ha (das entspricht 45%) unter der Wegedichte des Status quo (51,4 lfm/ha). Diese beträchtliche Verringerung der Wegedichte ist vor allem auf das „Eliminieren“ von Parallelwegen im gesamten Revier Hainberg und in Teilen des – hinsichtlich seiner Erschließungswirkung im Status quo – günstiger einzustufenen Reviers Göttinger Wald zurückzuführen (vgl. Abb. 24 und Anhang 12). Die drastische Reduzierung der Fahrwegedichte sowohl unter den vergleichbaren Durchschnittswert der Niedersächsischen Landesforsten (33 lfm/ha) als auch unter die Ergebnisse ähnlich gearteter Optimierungsvorhaben (DEH-

**Tab. 19:** Erschließungskennziffern des Theoretischen Modells

	THEORETISCHES MODELL
<b>Fläche des Erschließungsgebietes [ha]</b>	<b>1414,1287</b>
Länge der Fahrwege [m]	42571,78
Länge der Randwege [m]	5027,90
Randwege / 2 [m]	2513,95
<b>Erschließungswirksame Fahrwegelänge [m]</b>	<b>40057,83</b>
<b>Wegedichte WD [m/ha]</b>	<b>28,33</b>
<b>Wegeabstand WA [m]</b>	<b>353,00</b>
<b>Wirksamer Wegeabstand <math>WA_W (k_N \times WA)</math> [m]</b>	<b>430,70</b>
<b>E% nach BACKMUND – E%<sub>BACKMUND</sub></b>	<b>81,7%</b>
Erschließungsbandbreite = $WA/2$ [m]	176,50
Erschlossene Fläche [ha]	1155,1944
<b>Technisches E% – E%<sub>TECHNISCH</sub></b>	<b>73,8</b>
Erschließungsbandbreite [m]	150
Erschlossene Fläche [ha]	1043,1854
<b>E% nach Hess. Richtlinien – E%<sub>HESSEN</sub></b>	<b>97,9</b>
Erschließungsbandbreite [m]	300
Erschlossene Fläche [ha]	1384,4514
<b>RE<sub>0</sub> (= 2500 / WD)</b>	<b>88,2</b>
<b>RE<sub>m</sub> (= <math>(k_N \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>107,7</b>
<b>RE<sub>m</sub> (= GIS- gestützt)</b>	<b>106,1</b>
<b>RE<sub>t</sub> (= <math>(k_G \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>151,8</b>
Korrekturfaktoren nach BACKMUND	
$k_N (= 100 / E\%_{BACKMUND})$	1,22
$k_R$	1,41
$k_G$	1,72
<b>Fahrbahnfläche bei durchschnittlich 3,5m Fahrbahnbreite [ha]</b>	<b>14,7084</b>

NING, KEPLER, 1994: 39 lfm/ha; V. JANOWSKY, 1998: 46 lfm/ha; SONNTAG, 1998: 44 lfm/ha) zieht allerdings keine aus forstbetrieblicher Sicht inakzeptable Verschlechterung der Gesamterschließungsqualität im Untersuchungsgebiet nach sich, was auch aus der nachfolgenden Be-

trachtung weiterer Kennwerte, insbesondere der Erschließungsprozente und der Mehrfacher-schließung, deutlich wird.

Durch die geringere Wededichte erhöht sich rechnerisch der mittlere Wegeabstand von 195 m im Status quo auf 353 m im Theoretischen Modell. Dies entspricht einer Zunahme von ca. 80%. Dagegen fällt der prozentuale Anstieg des wirksamen Wegeabstandes  $WA_W$  mit 54% gegenüber dem entsprechenden Wert des Status quo deutlich geringer aus (von 280 m auf 431 m).

## **Erschließungsprozente**

### **1.) Erschließungsprozent nach *BACKMUND* – $E\%_{BACKMUND}$**

Die Erschließungsbandbreite – nach Backmund definiert als  $WA/2$  – wächst zwangsläufig proportional der Zunahme des mittleren Wegeabstandes von 97,3 m im Status quo auf 176,5 m im Theoretischen Modell. Dadurch übersteigt die Gesamtbreite des durch die Fahrwege erschlossenen Korridors ( $2 \times 176,5 \text{ m} = 353 \text{ m}$ ) sogar diejenige des Technischen Erschließungsprozents ( $2 \times 150 \text{ m} = 300 \text{ m}$ , s.u.) um 18%. Hier liegt auch die Ursache für den – im Vergleich zum Status quo ( $E\%_{BACKMUND} = 69,4\%$ ) – deutlich höheren Anteil an erschlossenen Flächen im Untersuchungsgebiet ( $E\%_{BACKMUND} = 81,7\%$ ), obwohl die Fahrwegelänge sehr deutlich reduziert wurde. Vergleicht man die absoluten Flächen innerhalb der Erschließungskorridore miteinander, dann beträgt die Zunahme gegenüber dem Ausgangszustand ca. 175 Hektar. Dieses Phänomen des wachsenden Erschließungsprozents bei abnehmender Wededichte (Wegelänge) kann nur dann auftreten, wenn die Erschließungsbandbreite – wie eben im Falle des  $E\%_{BACKMUND}$  – an eine Variable (WA) gekoppelt ist.

War im Status quo die Erschließungsqualität anhand der von *BACKMUND* vorgeschlagenen Klassifizierung noch als „mäßig günstig“ eingestuft worden, so ist nach der gleichen Skala das Fahrwegenetz im Theoretischen Modell mit einem  $E\%_{BACKMUND} > 80\%$  als „außergewöhnlich günstig“ zu bewerten. Diese Erschließungssituation wird im Anhang 11 kartenmäßig dargestellt.

### **2.) Technisches Erschließungsprozent – $E\%_{TECHNISCH}$**

Die Verringerung der Wegelänge führt bei gleichbleibender Erschließungsbandbreite von insgesamt 300 m folgerichtig zu einer Verringerung des Technischen Erschließungsprozents.

Wichtige Schlußfolgerungen ergeben sich hinsichtlich der Erschließungsqualität verschiedener Planungsvarianten, wenn man vergleichend die Größe der Veränderungen von Wegelänge / Wededichte und  $E\%_{TECHNISCH}$  betrachtet. Während die Wededichte im Theoretischen Modell um etwa 45% abgesenkt wurde (siehe oben), beträgt die Abnahme der Erschließungswirkung vom Ausgangsniveau (1.219,96 Hektar,  $E\%_{TECHNISCH} = 86,3\%$ ) auf das Niveau im Theoretischen Modell (1.043,19 Hektar,  $E\%_{TECHNISCH} = 73,8\%$ ) nur 14%. Daraus wird deutlich, daß bei einer gezielten Ausdünnung des Wegenetzes keineswegs einschneidende Verluste an Erschließungsqualität in Kauf genommen werden müssen. Mit 73,8% durch Fahrwege erschlossene Flächen wäre



die Erschließungswirkung des Theoretischen Modells unter Anwendung der qualitativen Klassifizierung nach *BACKMUND* immer noch als „günstig“ zu charakterisieren.

Die Erschließungssituation im Theoretischen Modell auf der Grundlage des Technischen Erschließungsprozents  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  wird im Anhang 12 verdeutlicht.

3.) Erschließungsprozent lt. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung (1978) –  $E\%_{\text{HESSEN}}$

Die Beurteilung der Erschließungswirkung des Fahrwegenetzes im Theoretischen Modell anhand der nach  $E\%_{\text{HESSEN}}$  gültigen Parameter (einfache Erschließungsbandbreite = 300 m), ergibt nur marginale Veränderungen sowohl im Vergleich zum Status quo, als auch im Vergleich mit dem Realkonzept. Die hohe Gesamtbreite des Erschließungskorridors von 600 m überdeckt vollständig den Effekt der Absenkung der Fahrwegelänge. Dieser Umstand muß bei der Anwendung des  $E\%_{\text{HESSEN}}$  in kleineren und / oder bereits relativ dicht erschlossenen Gebieten unbedingt beachtet werden, da  $E\%_{\text{HESSEN}}$  bei der Gegenüberstellung verschiedener Planungsvarianten hier nur von bedingter Aussagekraft ist (vgl. Kap. 4.2.1.1). Verglichen mit dem Status quo sank das  $E\%_{\text{HESSEN}}$  von 98,8% auf 97,9% oder in absoluten Flächeninhalten ausgedrückt, um nur 12 Hektar. Grafisch dargestellt sind die Erschließungskorridore nach  $E\%_{\text{HESSEN}}$  im Anhang 13.

### Mittlere Rückeentfernungen

1.) Theoretische mittlere Rückeentfernung im idealen Erschließungsmodell –  $RE_0$

Der Vergleich der Planungssituationen basiert auf der Gesetzmäßigkeit, daß  $RE_0$  mit der Abnahme der Fahrwegelänge umgekehrt proportional ansteigt ( $RE_0 = 2.500 / WD$ ). Im vorliegenden Fall des Theoretischen Modells bedeutet dies konkret, daß auf eine 55%-ige Verringerung der erschließungswirksamen Fahrwegelänge gegenüber dem Status quo, eine Zunahme der theoretischen mittleren Rückeentfernung um gleichfalls 55% auf 88,2 m folgt. Bei der Berechnung von  $RE_0$  wurde wiederum von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, daß ganzflächig beidseitig der Fahrwege gerückt werden kann.

2.) Kürzeste mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz –  $RE_m$

Die kürzeste mittlere Rückeentfernung wurde erneut auf zwei Wegen hergeleitet: zum einen nach dem GIS- gestützten Näherungsverfahren nach *JAEGER* und zum anderen unter Verwendung des Netzkorrekturfaktors  $k_N$  nach v. *SEGEBADEN*. Im hier diskutierten Fall des Theoretischen Modells führten beide Methoden zu einer sehr guten Übereinstimmung der Werte für  $RE_m$ . GIS- gestützt hergeleitet (unter erneuter Anwendung der 30 m - Zonen, vgl. Kap. 4.2.1.1), beträgt  $RE_m$  106,1 m, was verglichen mit 107,7 m lt. Herleitung über den Netzkorrekturfaktor  $k_N$  eine nur unbedeutende Abweichung darstellt. Die Zunahme der kürzesten mittleren Rückeentfernung im Vergleich zum Ausgangsniveau um 27 m ist auch hier eine gesetzmäßige Folge der Reduktion der Fahrwegelänge, welche gleichzeitig auch Ursache für die Verringerung des Netzkorrekturfaktors  $k_N$  ( $= 100 / E\%_{\text{BACKMUND}}$ ) von 1,44 im Status quo auf den günstigeren Wert

von nunmehr 1,22 im Theoretischen Modell ist. Bei gleichbleibendem Rückedistanzkorrekturfaktor  $k_R$  (1,41) sinkt das Produkt aus beiden Faktoren – der zur Herleitung der tatsächlichen mittleren Rückeentfernung benötigte Gesamtkorrekturfaktor  $k_G$  – von 2,03 (Status quo) auf 1,72 (Theoretisches Modell).

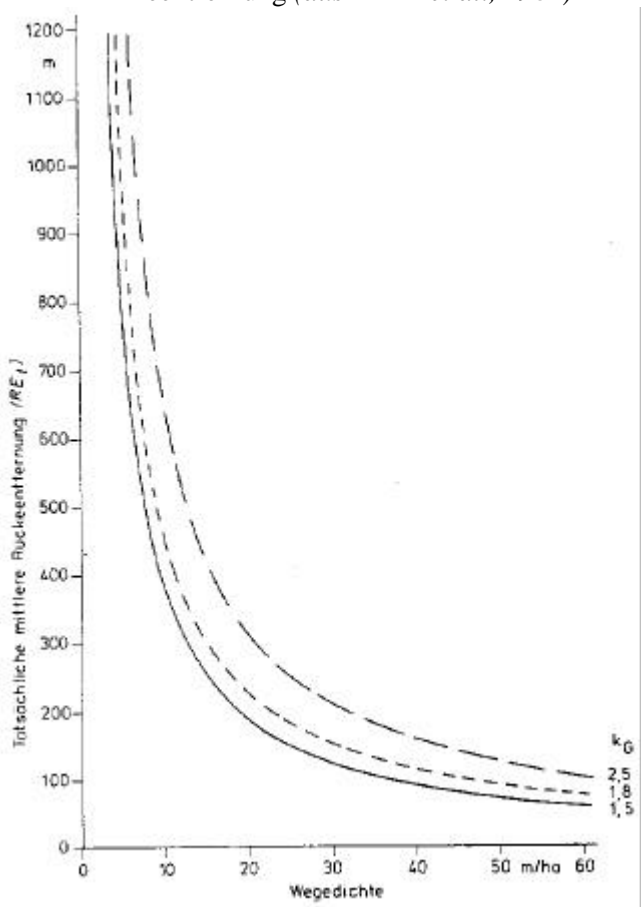
Im Anhang 14 wird die GIS- gestützte Herleitung der  $RE_m$  im Rahmen des Theoretischen Modells beispielhaft anhand der 30 m - Zonen grafisch dargestellt.

### 3.) Tatsächliche mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz – $RE_t$

Die tatsächliche mittlere Rückeentfernung beträgt im Theoretischen Modell 151,8 m. **Abb. 27:** Wegedichte und tatsächliche mittlere Rückeentfernung (aus DIETZ et al., 1984)

Nach DIETZ et al. (1984) zeigen die Kurven in Abb. 27, daß die tatsächliche mittlere Rückeentfernung mit wachsender Wegedichte degressiv abnimmt und daß folglich auch hier das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs wirksam ist. Man kann feststellen, daß sich die mittlere Rückeentfernung bei Wegedichten von mehr als etwa 30 – 40 lfm/ha nur noch geringfügig verändert. Schließlich zeigt die Grafik, daß im schwierigen Gelände, d.h. bei höheren  $k_G$ - Werten, bei gleicher Wegedichte deutlich größere mittlere Rückeentfernungen gegeben sind als im einfachen Terrain.

Diese Zusammenhänge untermauern die im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen aufgestellte Hypothese, daß – bezogen auf die konkreten Verhältnisse im Stadtforstamt Göttingen (dicht erschlossenes, relativ kleines Erschließungsgebiet mit überwiegend einfachen Geländebedingungen) – eine spürbare Verringerung der Wegedichte keine gravierenden negativen Folgen für die Erschließungsqualität und damit auch auf die mittleren Rückeentfernungen haben wird.



### Mehrfacherschließung

Die Qualität von Erschließungsplanungen in Waldgebieten läßt sich unter anderem anhand des Anteils mehrfach erschlossener Flächen beurteilen. Es gilt der Grundsatz, daß unnötige Mehrfacherschließungen, z.B. durch Parallelwege in geringem Abstand voneinander oder spitzwinklig aufeinander zulaufende Wege, soweit wie möglich zu vermeiden sind.

Das Theoretische Modell der vorliegenden Untersuchung kann als Beispiel dafür dienen, inwieweit der Anteil mehrfach erschlossener Flächen durch das zielgerichtete und planvolle „Ausdünnen“ eines relativ dichten Netzes an Fahrwegen verringert werden kann. Als Grundlage für einen Vergleich der Planungssituationen „Status quo“ und „Theoretisches Modell“ bietet sich das Technische Erschließungsprozent  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  für das hier untersuchte Gebiet des Göttinger Stadtwaldes aus folgenden Gründen an: Erstens wird bei der Anwendung von  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  mit einer konstanten Erschließungsbandbreite gerechnet, was gegenüber dem Erschließungsprozent nach BACKMUND den direkten Vergleich mehrerer Planungsvarianten zuläßt. Zweitens ist die gewählte einfache Bandbreite von 150 m unter den konkreten Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes als realitätsnäher zu beurteilen als z.B. diejenige, die mit der Anwendung des Erschließungsprozents lt. Hessische Richtlinien (einfache Erschließungsbandbreite  $E\%_{\text{HESSEN}} = 300$  m) einhergeht. An dieser Stelle sei nochmals darauf verwiesen, daß durch den Einsatz leistungsfähiger GIS- Werkzeuge das Variieren der Bandbreiten keinen wesentlich höheren Mehraufwand bedeutet und einzig von den Präferenzen des jeweiligen Anwenders abhängig ist.

Im konkreten Fall bewirkt **Tab. 20:** Mehrfacherschließung im Theoretischen Modell

te das gezielte Absenken der Wededichte des Status quo eine deutliche Verringerung des Anteils an mehrfach erschlossenen Flächen von 44,2% auf 13,7% im Theoretischen Modell. Da sich in realen Erschließungsnetzen Mehrfacherschließungen nie völlig vermeiden lassen (Kreu-

	THEORETISCHES MODELL		
	ERSCHLIEßUNGSSZENARIO		
	BACKMUND	Technisch	Hessen
<b>erschließungswirksame Fahrwegelänge in [m]</b>	40057,83	40057,83	40057,83
<b>Gesamtbandbreite in [m]</b>	353,00	300,00	600,00
<b>real erschlossene Fläche in [ha]</b>	1155,1944	1043,1854	1384,4514
<b>theoretisches Maximum in [ha]</b>	1423,8282	1208,8035	2431,7441
<b>Differenz in [ha]</b>	268,6338	165,6181	1047,2927
<b>Differenz in [%]</b>	18,9	13,7	43,1

zungen, Einmündungen, enge Kurven u.ä.), ist das im Theoretischen Modell erreichte Niveau als außergewöhnlich günstig einzustufen. Vergleicht man die Anteile mehrfach erschlossener Flächen im Theoretischen Modell – bezogen auf die beiden Erschließungsszenarien nach  $E\%_{\text{BACKMUND}}$  und  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  – mit der Mehrfacherschließung im Status quo, dann sinken diese Anteile von etwa einem Drittel auf unter ein Fünftel der Gesamtfläche des Erschließungsgebietes deutlich. In Tab. 20 wurden die wichtigsten Angaben zur Mehrfacherschließung im Theoretischen Modell – den verschiedenen Planungsszenarien entsprechend – zusammengefaßt.

Abschließend wurde auch für das Theoretischen Modell – in Ergänzung zu den „forstüblichen“ Erschließungskennziffern – die Fahrbahnoberfläche bei einer angenommenen mittleren Fahrbahnbreite von 3,5 m ermittelt. Gegenüber dem Status quo sank dieser Wert von 23,8 Hektar

auf nunmehr noch 14,7 Hektar im Theoretischen Modell. Damit nehmen die Fahrbahnflächen ca. 1% der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes ein (zum Vergleich: Status quo: 1,7%).

Als abschließende Wertung des Theoretischen Modells kann festgehalten werden, daß bei den heute gegebenen technischen und technologischen Möglichkeiten einer modernen Waldbewirtschaftung, insbesondere der Holzernte und des Holztransportes, die im Rahmen dieses Modells erreichte Fahrwegedichte von 28,3 lfm/ha ausreichen würde, um das Rückgrat eines forstbetrieblichen Erschließungskonzeptes zu bilden, welches – durch eine sinnvolle Bestandesfeiner-schließung ergänzt – allen betrieblichen Anforderungen gerecht werden könnte.

#### 4.3.1.2 Ergebnisse der situationsbezogenen Einzelplanung – „Realkonzept“

Nach der Analyse der Fahrwegeerschließung im Status quo und der sich anschließenden Herleitung eines theoretisch optimierten Modells wird im dritten Schritt des Optimierungsprozesses nachfolgend der konkrete Vorschlag zur Umgestaltung des forstbetrieblichen Fahrwegenetzes im Stadtforstamt Göttingen – kurz als „Realkonzept“ bezeichnet – erörtert. Bei der schrittweisen, situationsbezogenen Anpassung des Theoretischen Modells an die realen Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes wurden sowohl forstbetrieblich- erschließungstechnische Aspekte als auch Belange von Freizeit- und Erholungsnutzung, Naturschutz usw. berücksichtigt. Nicht zuletzt werden auch Aspekte der praktischen Umsetzbarkeit innerhalb der nächsten Jahre mit einbezogen. Das Realkonzept stellt damit einen Kompromiß zwischen den Gegebenheiten des Status quo auf der einen Seite und dem theoretischen Optimum des „Machbaren“ auf der anderen Seite dar.

##### 4.3.1.2.1 Kennziffern zur Walderschließung

Es werden die gleichen Kennzahlen diskutiert wie in den beiden vorausgegangenen Planungssituationen. Parallel dazu werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit den Ergebnissen ähnlicher Optimierungsuntersuchungen aus den letzten Jahren verglichen, um – soweit möglich – allgemeingültige Schlußfolgerungen zu den Möglichkeiten und Chancen von Netzoptimierungen ableiten zu können. Die grafischen Darstellungen im Anhang (vgl. Anhang 15 bis Anhang 18) verdeutlichen anschaulich die nachfolgend geschilderten Zusammenhänge und sind unter anderem auch ein Beispiel für die Möglichkeiten des GIS- Einsatzes bei der automatisierten Kartenerstellung.

#### **Wegedichte WD, Wegeabstand WA**

Die Wegedichte im Realkonzept beträgt 35,4 lfm/ha. Dieser Wert errechnet sich aus einer um die Hälfte der Randwege reduzierte erschließungswirksame Fahrwegelänge von 50 km und der gegenüber den bereits besprochenen Planungssituationen unveränderten Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes von 1.414,1287 Hektar. Bei einer Gesamtfahrwegelänge von 52,9 km

sinkt der prozentuale Anteil der nur einseitig erschließungswirksamen Randwege (5,7 km) gegenüber dem Theoretischen Modell nochmals geringfügig von 12% auf 11%.

Verglichen mit dem Status quo nimmt die erschließungswirksame Fahrwegelänge um 22,6 km, die Wegedichte demzufolge um 16 lfm/ha ab. Das bedeutet bei beiden Kennziffern im Realkonzept eine Reduktion um knapp ein Drittel (31%) gegenüber dem Ausgangsniveau. Ähnlich dem Vorgehen bei der Optimierung im Theoretischen Modell wurde auch im Realkonzept eine Verringerung der Wegedichte durch das konsequente „Eliminieren“ von zu nahe beieinander gelegenen Parallelwegen angestrebt, was sich in der Folge ebenfalls positiv auf den Anteil wenig effektiver Mehrfacherschließungen auswirkt (s.u.).

Im Vergleich mit der durch *DEHNING UND KEPPLER (1994)* für eine Privatforstverwaltung im Sauerland hergeleiteten optimierten Wegedichte von 39 lfm/ha bzw. der optimierten, zu unterhaltenden Wegedichte von 38,9 lfm/ha, die *SONNTAG (1998)* für einen südwestdeutschen Privatwaldbetrieb mit teilweise intensivem Erholungsverkehr geplant hat, zeigt sich eine gute Übereinstimmung zu den Ergebnissen der hier vorliegenden Untersuchung. Die mittlere Wegedichte vergleichbarer Regionen innerhalb der niedersächsischen Landesforsten (vgl. Tab. 10, Weser-/Leinebergland, 33 lfm/ha) wird mit 35,4 lfm/ha zwar übertroffen, ist aber für das durch Freizeit- und Erholungsnutzungen stark frequentierte Gebiet des Stadtwaldes Göttingen durchaus positiv zu bewerten.

Der mittlere Wegeabstand ( $WA = 10.000 / WD$ ) erhöht sich als Folge der geringeren Wegedichte gegenüber dem Ausgangsniveau von 195 m auf 283 m, der wirksame Wegeabstand  $WA_W$  ( $WA_W = k_N \times WA$ ) von 280 m auf 365 m.

## **Erschließungsprozente**

### **1.) Erschließungsprozent nach *BACKMUND* – $E\%_{BACKMUND}$**

Durch die Zunahme des mittleren Wegeabstandes im Vergleich zum Status quo steigt die einfache Erschließungsbandbreite ( $WA/2$ ) von 97,3 m auf 141,3 m und erreicht damit fast den konstanten Wert der nach dem Technischen Erschließungsprozent definierten Korridorbreite (150 m). Es wird eine Fläche von 1.094,61 Hektar erschlossen, was – ins Verhältnis zur Gesamtfläche des Erschließungsgebietes gesetzt – ein  $E\%_{BACKMUND}$  von 77,4% ergibt. Damit steigt der Anteil der erschlossenen Flächen um 8% oder 114 Hektar gegenüber dem Ausgangsniveau. Das gleiche Phänomen des wachsenden Erschließungsprozents nach *BACKMUND* bei geringerer Wegedichte, das bereits bei der Betrachtung des Theoretischen Modells erläutert wurde, tritt auch hier auf.

Mit 77,4% erschlossener Flächen ist die Erschließungswirkung des Realkonzepts nach der qualitativen Klassifizierung von *BACKMUND* als „sehr günstig“ einzustufen. Aus der grafischen Darstellung im Anhang 15 wird deutlich, daß vor allem das Revier Göttinger Wald durch die vorteilhafte Verteilung der Erschließungskorridore auffällt, während aus rein forstbetrieblichen Überle-

gungen heraus im Revier Hainberg durchaus noch ein gewisses Optimierungspotential vorhanden ist.

Der Vergleich mit den Untersuchungen von *DEHNING UND KEPPLER (1994)* ( $E\%_{\text{BACKMUND}} = 74\%$ ) zeigt, daß auch hier ähnliche Größenordnungen nach der Optimierung erreicht werden. Dagegen liegen die von *SONNTAG (1998)* und *v. JANOWSKY (1998)* ermittelten Erschließungsprozente nach der Optimierung mit jeweils 68% unterhalb des im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Wertes.

## 2.) Technisches Erschließungsprozent – $E\%_{\text{TECHNISCH}}$

Das Technische Erschließungsprozent ist für den direkten Vergleich der drei hier untersuchten Planungssituationen am besten geeignet (vgl. Kap. 4.3.1.1.1, Mehrfacherschließung).  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  beträgt im Realkonzept 80,1% und liegt um ca. sechs Prozentpunkte nur knapp unter dem entsprechenden Wert des Status quo (86,3%). Im Vergleich zum Theoretischen Modell nimmt die Erschließungswirkung auf der Grundlage des  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  infolge der um ca. 10 km höheren erschließungswirksamen Fahrwegelänge um 6,3% zu. Bei der Bewertung des Realkonzepts läßt sich erneut nachweisen, daß die deutliche Verringerung der Wegelänge (31% gegenüber dem Status quo) nicht gleichzeitig mit einem proportionalen Absinken der Erschließungsqualität (die erschlossene Fläche sinkt von 1.220 Hektar auf 1.132 Hektar nur um 7%) einhergehen muß. Gerade in diesem Zusammenhang sind die Möglichkeiten von Wegenetzoptimierungen zu betrachten.

Da die Gesamtbreite der Erschließungskorridore von  $E\%_{\text{BACKMUND}}$  und  $E\%_{\text{TECHNISCH}}$  nicht erheblich voneinander differiert (17,3 m), führen die Berechnungen auf der Basis beider Erschließungsprozente zu sehr ähnlichen Ergebnissen (vgl. Anhang 15, Anhang 16 und Anhang 19).

Ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Optimierungsuntersuchungen ist nur dann möglich, wenn neben der Ähnlichkeit der naturräumlichen und nutzungsspezifischen Gegebenheiten der Erschließungsgebiete die vom Anwender zu definierende Breite der Erschließungskorridore übereinstimmt.

## 3.) Erschließungsprozent lt. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung (1978) – $E\%_{\text{HESSEN}}$

Die gleiche Feststellung, die bereits bei der Erörterung des Theoretischen Modells im Zusammenhang mit  $E\%_{\text{HESSEN}}$  getroffen wurde (vgl. 4.3.1.1.1), trifft ohne Einschränkung ebenfalls auf die Verhältnisse im Realkonzept zu. Die sehr hohe Erschließungsbandbreite von insgesamt 600 m überdeckt den Effekt der Fahrwegereduktion fast vollständig. Im Vergleich zu den beiden anderen Planungssituationen kommt es daher nur zu marginalen Veränderungen. Mit einem Wert von 98,3% erschlossener Flächen kann nach  $E\%_{\text{HESSEN}}$  das Untersuchungsgebiet auch hier als ganzflächig erschlossen gelten. Grafisch veranschaulicht werden diese Ergebnisse in der Darstellung im Anhang 17.

## Mittlere Rückeentfernungen

Bei der näheren Betrachtung der mittleren Rückeentfernungen bestätigt sich einmal mehr der „Kompromißcharakter“ des Realkonzepts mit seiner Positionierung innerhalb der Spannbreite der Kennziffern, die durch den Status quo einerseits und das Theoretische Modell auf der anderen Seite gegeben sind.

### 1.) Theoretische mittlere Rückeentfernung im idealen Erschließungsmodell – $RE_0$

Die theoretische mittlere Rückeentfernung im idealen Erschließungsmodell steigt – wie alle anderen mittleren Rückeentfernungen auch – in dem Maße an, in dem die Fahrwegelänge abnimmt. Für das Realkonzept beträgt  $RE_0$  70,7 m und ist damit um 22 m größer als im Status quo bzw. 17,5 m kleiner als im Theoretischen Modell.

### 2.) Kürzeste mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz – $RE_m$

Die sehr gute Übereinstimmung der auf zwei verschiedenen Wegen berechneten kürzesten mittleren Rückeentfernung im Theoretischen Modell (vgl. Kap. 4.3.1.1.1) wurde auch im Rahmen des Realkonzepts erreicht. Die Grafik im Anhang 18 zeigt die Herleitung von  $RE_m$  unter Einsatz der GIS- gestützten Methode des flächengewogenen Mittels der durchschnittlichen Entfernungen innerhalb eines Korridors zum nächsten Fahrweg (JAEGGER, 1995). In deren Ergebnis wurde  $RE_m$  mit 92,8 m ermittelt, was gegenüber der „klassischen“ Herleitung unter Anwendung des Netzkorrekturfaktors nach v. SEGEBADEN ( $RE_m = 91,2$  m) ein nur unerheblich größerer Wert ist. Der Netzkorrekturfaktor selbst wurde nach  $k_N = 100 / E\%_{BACKMUND}$  mit 1,29 ermittelt und liegt damit in der von BACKMUND für Flach- und Hügelland als sehr günstig angegebenen Größenordnung.

In den schon mehrfach zitierten Untersuchungen von DEHNING UND KEPLER (1994) beträgt  $RE_m$  nach der Optimierung 90,6 m, was den Werten der vorliegenden Arbeit wiederum sehr nahe kommt.

### 3.) Tatsächliche mittlere Rückeentfernung im realen Erschließungsnetz – $RE_t$

Der Gesamtkorrekturfaktor  $k_G$  als das Produkt aus Netzkorrekturfaktor  $k_N$  (1,29) und Rückedistanzkorrekturfaktor  $k_R$  (1,41) wurde im Realkonzept mit 1,82 ermittelt. Hier zeigt sich erneut die gute Übereinstimmung mit den Rahmenwerten für  $k_N$ ,  $k_R$  und demzufolge auch  $k_G$ , die unter anderem von v. SEGEBADEN ( $k_R$ : 1,2 – 1,5), ABEGG ( $k_R$ : 1,44), BACKMUND ( $k_N$ : 1,3 – 1,5) und der FAO ( $k_G$ : 1,6 – 2,8) für vergleichbare Verhältnisse im Flach- und Hügelland genannt wurden (aus DIETZ et al., 1984).

Die aus der Beziehung  $RE_t = (k_G \times 2.500) / WD$  errechnete tatsächliche mittlere Rückeentfernung beträgt demnach 128,6 m.

Als Beispiel für die praxisrelevanten, innerbetrieblichen Folgen der Bestimmung der mittleren Rückeentfernungen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kann festgestellt werden, daß

bei einer gesamtbetrieblichen Betrachtung, wie im vorliegenden Falle, keine der hier untersuchten Planungssituationen Zuschläge lt. Rücketarif des Stadtforstamtes rechtfertigen würden.

Selbst die größte errechnete **Tab. 21:** Erschließungskennziffern des Realkonzeptes

– in der Praxis allerdings nicht relevante – tatsächliche mittlere Ruckeentfernung im Theoretischen Modell liegt mit 151,8 m noch weit unterhalb der Grenze, ab welcher lt. Rücketarif prozentuale Zuschläge zu gewähren sind (5% der Grundrucksätze bei einer mittleren Ruckeentfernung von 200 bis 300 m).

Die wichtigsten Erschließungskennziffern des Realkonzeptes werden in der Tab. 21 zusammengefaßt. Vervollständigt wird die Reihe der Kennzahlen – wie schon bei der Analyse der vorangegangenen Planungssituationen – durch die durchschnittliche Fahrbahnoberfläche, die in diesem Falle 18,3 Hektar (= 1,3% der Gesamtfläche) beträgt.

	REALKONZEPT
<b>Fläche des Erschließungsgebietes [ha]</b>	<b>1414,1287</b>
Länge der Fahrwege [m]	52866,40
Länge der Randwege [m]	5700,40
Randwege / 2 [m]	2850,20
<b>Erschließungswirksame Fahrwegelänge [m]</b>	<b>50016,20</b>
<b>Wegedichte WD [m/ha]</b>	<b>35,37</b>
<b>Wegeabstand WA [m]</b>	<b>282,70</b>
<b>Wirksamer Wegeabstand <math>WA_w (k_N \times WA)</math> [m]</b>	<b>364,70</b>
<b>E% nach BACKMUND – <math>E\%_{BACKMUND}</math></b>	<b>77,4%</b>
Erschließungsbandbreite = $WA/2$ [m]	141,35
Erschlossene Fläche [ha]	1094,6070
<b>Technisches E% – <math>E\%_{TECHNISCH}</math></b>	<b>80,1%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	150
Erschlossene Fläche [ha]	1132,4205
<b>E% nach Hess. Richtlinien – <math>E\%_{HESSEN}</math></b>	<b>98,3%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	300
Erschlossene Fläche [ha]	1389,6907
<b><math>RE_0</math> (= 2500 / WD)</b>	<b>70,7</b>
<b><math>RE_m</math> (= <math>(k_N \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>91,2</b>
<b><math>RE_m</math> (= GIS- gestützt)</b>	<b>92,8</b>
<b><math>RE_t</math> (= <math>(k_G \times 2500) / WD</math>)</b>	<b>128,6</b>
Korrekturfaktoren nach BACKMUND	
$k_N$ (= $100 / E\%_{BACKMUND}$ )	1,29
$k_R$	1,41
$k_G$	1,82
<b>Fahrbahnfläche bei durchschnittlich 3,5m Fahrbahnbreite [ha]</b>	<b>18,2590</b>

### Mehrfacherschließung

Der Anteil mehrfach erschlossener Flächen sinkt im Realkonzept deutlich gegenüber dem Status quo. Als Vergleichsbasis wird wieder die Erschließungssituation auf der Grundlage des Technischen Erschließungsprozents gewählt (vgl. Kap. 4.3.1.1.1).

Es zeigt sich, daß gegenüber 967 Hektar Mehrfacherschließung im Status quo im Realkonzept nur noch 375 Hektar mehrfach erschlossen werden. Der prozentuale Anteil der Mehrfacherschließung an der theoretisch möglichen Maximalerschließung fällt von 44,2% auf 24,9%. Der gegenüber dem Theoretischen Modell (13,7%) noch relativ hoch erscheinende Anteil mehrfach erschlossener Flächen im Realkonzept ist vor allem darauf zurückzuführen, daß auf einige, für den praktischen Forstbetrieb sehr wichtige – erschließungstheoretisch allerdings weniger vor-



teilhafte – Wegeabschnitte, wie z.B. im Nordosten des Reviers Göttinger Wald, in das Realkonzept übernommen wurden.

Tab. 22 zeigt die Ergebnisse der Herleitung der Mehrfacherschließung im Realkonzept.

**Tab. 22:** Mehrfacherschließung im Realkonzept

	<b>REALKONZEPT</b>		
	<i>ERSCHLIEßUNGSSZENARIO</i>		
	<i>BACKMUND</i>	<i>Technisch</i>	<i>Hessen</i>
<b>erschließungswirksame Fahrwegelänge in [m]</b>	50016,20	50016,20	50016,20
<b>Gesamtbandbreite in [m]</b>	282,70	300,00	600,00
<b>real erschlossene Fläche in [ha]</b>	1094,6070	1132,4205	1389,6907
<b>theoretisches Maximum in [ha]</b>	1420,2348	1507,5546	3029,2463
<b>Differenz in [ha]</b>	325,6278	375,1341	1639,5556
<b>Differenz in [%]</b>	22,9	24,9	54,1

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, daß ein deutlicher Zugewinn an Erschließungsqualität im Realkonzept durch geringere Wegedichte bei „sehr günstigen“ Erschließungsprozenten, vorteilhaften mittleren Rückeentfernungen und durch eine bedeutende Absenkung der Mehrfacherschließung gegenüber dem gegenwärtig vorhandenen Zustand möglich ist.

Eine Zusammenstellung aller berechneten Erschließungskennziffern für die drei Planungssituationen Status quo, Theoretisches Modell und Realkonzept beinhaltet Anhang 19.

#### 4.3.2 Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz

Nachfolgend wird das konkrete Konzept eines Freizeitwegenetzes als Ergebnis der Bedarfsanalyse ausgewählter Freizeitwegekategorien (Wanderwege, Reitwege, Lehr- und Trimpfad) vorgestellt. Die Grundlage hierfür bilden die aus Literaturstudien und Expertenbefragungen gewonnenen Erkenntnisse zu den Themenkomplexen „Wegedichte / Nutzungsintensität“ sowie „Wegequalität / Linienführung“ (vgl. Kap. 4.2.2). Der Problemkreis „Nutzungsüberlagerungen / Vermeidung von Konflikten“ wird bei der Diskussion des multifunktionalen Erschließungskonzepts (Kap. 4.4) separat erörtert.

Die Betrachtungen beziehen sich auf die beiden Stadtwaldreviere Hainberg und Göttinger Wald mit einer Gesamtfläche von 1.353,69 Hektar.

Auf die gesonderte Betrachtung eines eigenständigen Radwegenetzes bzw. spezieller MTB-Strecken wurde bei der Herleitung der Länge des bedarfsorientierten Freizeitwegenetzes verzichtet, da zum einen die Fläche des Untersuchungsgebietes bei weitem nicht ausreicht, um die Ansprüche der Radfahrer und Mountainbiker vollständig befriedigen zu können und da zweitens auf allen vorhandenen Wegen (Forst- und Freizeitwege) mit einer Nutzung durch Radfahrer gerechnet werden kann. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, einzelne Wegeabschnitte im Stadt-

wald, die für eine Integration in grenzübergreifende Radwegenetze geeignet erscheinen, auf der Grundlage der hier geschilderten Analysen GIS- gestützt auszuscheiden und durch eine entsprechende Beschilderung den Radfahrern als besonders geeignet zu empfehlen. Einige Aspekte der Wegenutzung durch Radfahrer werden bei der Betrachtung des Problemkreises „Nutzungsüberlagerungen / Vermeidung von Konflikten“ im Kap. 4.4 eingehend diskutiert.

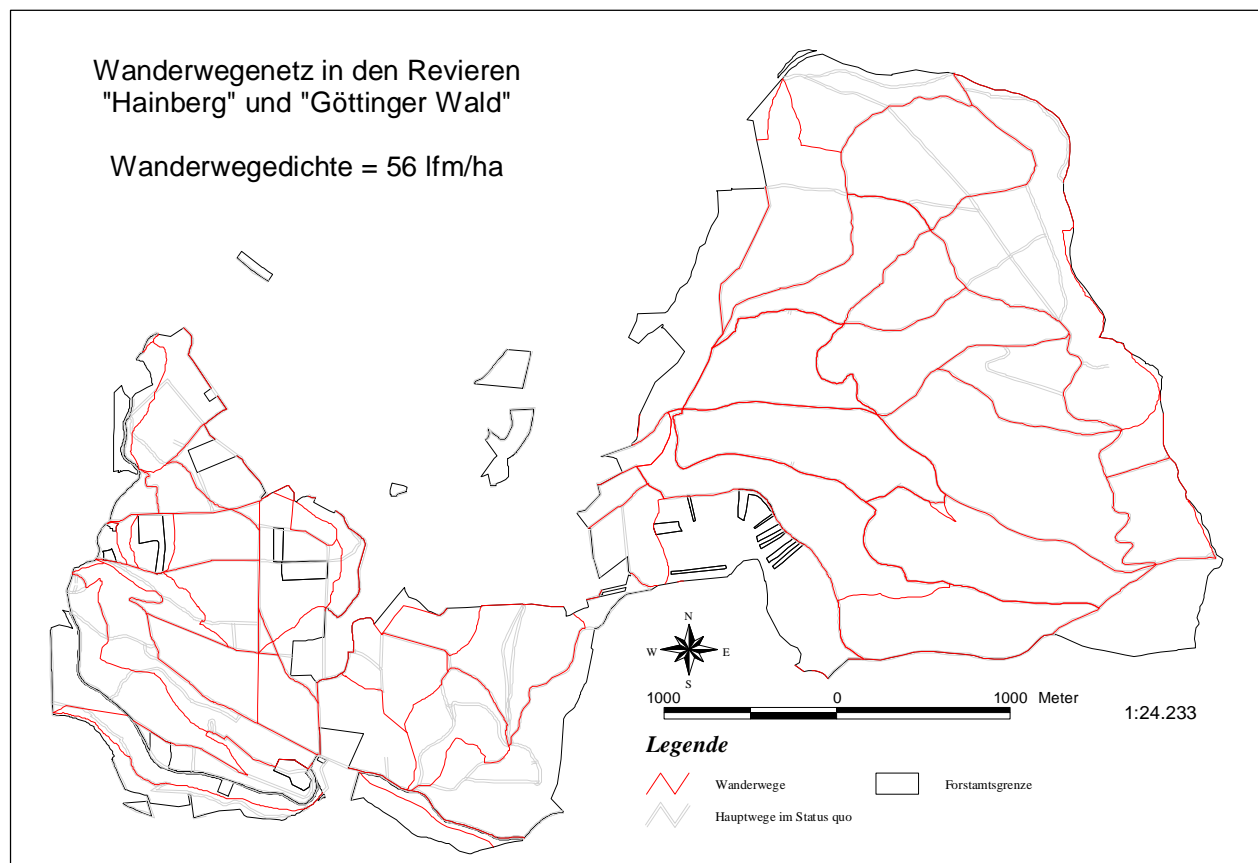
## 1.) Wanderwegenetz

Dem Wanderwegenetz als Basis verschiedener Freizeitaktivitäten (Spazieren, Wandern, Jogging, Skilanglauf u.ä.) hat innerhalb der Freizeitwegekategorien die größte Bedeutung. Diesem Umstand wird im Rahmen des vorgeschlagenen Konzepts eines bedarfsorientierten Freizeitwegenetzes im Göttinger Stadtwald dadurch Rechnung getragen, daß die Wanderwegedichte mit 56 lfm/ha nicht nur die entsprechenden Werte der anderen hier untersuchten Freizeitwegekategorien klar übertrifft, sondern auch die Fahrwegedichte des Realkonzepts (35,4 lfm/ha) um mehr als 20 lfm/ha übersteigt.

In den Revieren Hainberg und Göttinger Wald wurden insgesamt etwa 76 km Wanderwege vorgeschlagen, die – je nach Nutzerpräferenz – variabel miteinander kombiniert, eine Vielzahl an Möglichkeiten (Rund- oder Zielwanderwege, über kürzere oder lange Distanzen usw.) bieten. Bereits bestehende, durch das Stadtforstamt ausgeschilderte Wanderwege wurden in das Konzept integriert.

Die räumliche Verteilung der Wanderwege wird in der Abb. 28 veranschaulicht.

**Abb. 28:** Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Wanderwege

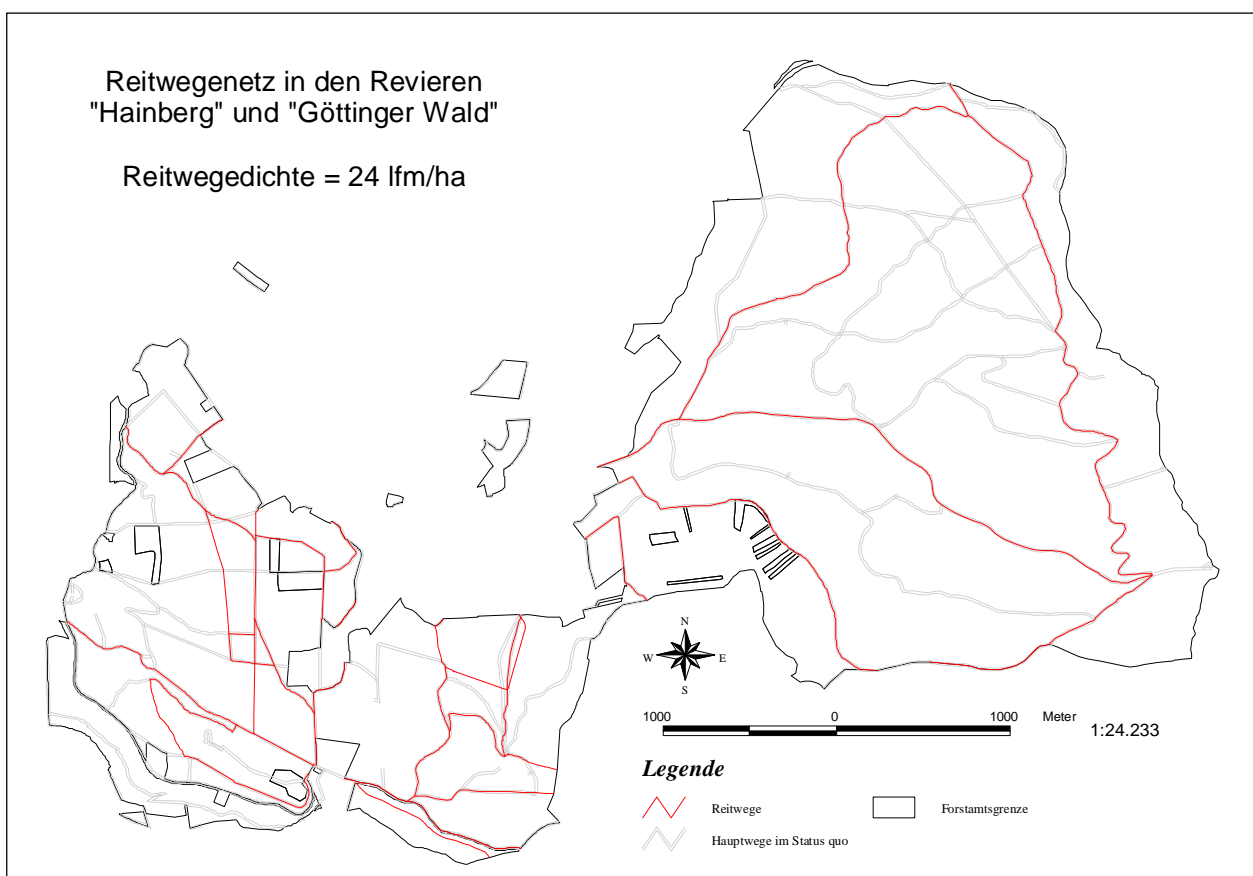


## 2.) Reitwegenetz

Im Rahmen der hier untersuchten Freizeitwegekategorien folgt das Reitwegenetz in seiner Bedeutung hinter dem Wanderwegenetz an zweiter Stelle. Im Untersuchungsgebiet steht den Reitern mit ca. 33 km Länge ein ausreichendes Angebot an Reitwegen zur Verfügung. Die Reitwegedichte beträgt demzufolge etwa 24 lfm/ha. Es ist zu berücksichtigen, daß das Reitwegenetz – mehr noch als das Wanderwegenetz – nur als Bestandteil eines über die flächenmäßig begrenzten Möglichkeiten des Stadtforstamtes hinaus reichenden, großräumigeren Angebotes an Reitwegen betrachtet werden kann. Der Vergleich mit den von *MÖßMER et al. (1977)* vorgegebenen Orientierungswerten von 15 – 25 km Reitwegelänge für ein- bis zweistündige Ausritte zeigt, daß trotz der flächenmäßigen Limitierung des Stadtwaldgebietes ein deutlich ausreichendes Angebot an Reitwegen vorhanden ist.

Die räumliche Verteilung der Reitwege, die in dieser Form lt. Expertenbefragung auch von den organisierten Reitern akzeptiert wird, zeigt die folgende Abb. 29.

**Abb. 29:** Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Reitwege



## 3.) Forstlicher Lehrpfad, Trimpfad

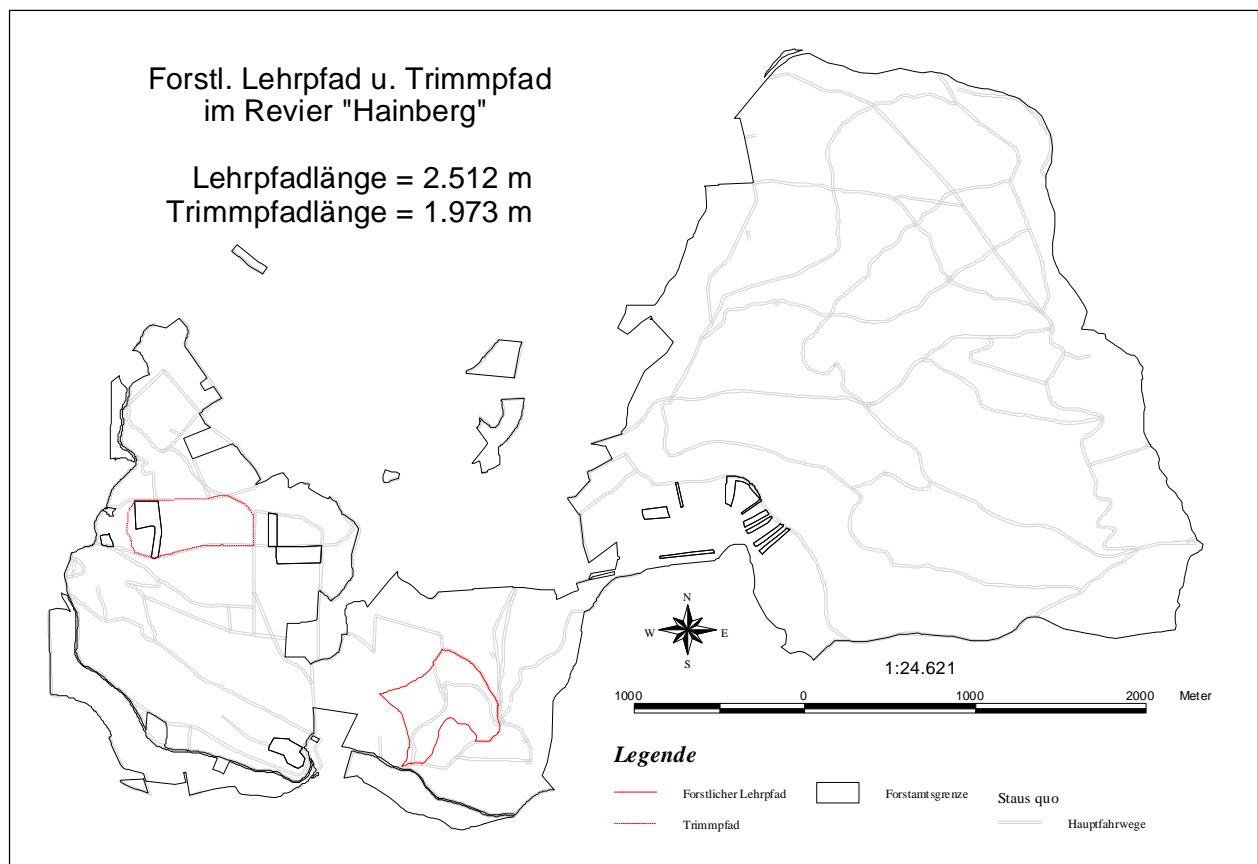
Beide bereits vorhandenen Freizeitwegekategorien wurden unverändert in das bedarfsorientierte Freizeitwegekonzept übernommen, obwohl die Erkenntnisse aus der Bedarfsanalyse zumindest für den Trimpfad keinen dringenden Bereitstellungsbedarf erkennen lassen (vgl. Kap. 4.2.2.1). Sollte sich in Zukunft ein wachsender Bedarf abzeichnen, dann könnte das Forstamt

durch das „Reaktivieren“ des lage- und geländemäßig günstigen Trimmpfades im Hainberg sehr schnell auf eine solche Entwicklung reagieren.

Entgegengesetzt zu der kaum vorhandenen Nachfrage nach Trimmpfaden verhält sich die Situation hinsichtlich des sehr beliebten und stark frequentierten Waldlehrpfades (vgl. Kap. 4.2.2.1). Bei der Integration dieser Freizeitwegekategorie in das multifunktionale Erschließungskonzept wird der Lehrpfad deshalb auch mit höchster Priorität behandelt.

Die gute Erreichbarkeit beider Freizeitwege aufgrund ihrer günstigen räumlichen Lage im stadtnahen Revier Hainberg, verdeutlicht die Abb. 30.

**Abb. 30:** Das bedarfsorientierte Freizeitwegenetz: Forstlicher Lehrpfad und Trimmpfad



#### **4.4 Das multifunktionale Erschließungskonzept**

Das multifunktionale Erschließungskonzept entsteht durch das planmäßige Zusammenführen des forstbetrieblich optimierten Wegenetzes (Realkonzept) und des bedarfsorientierten Freizeitwegenetzes, wobei Nutzungsüberlagerungen einmal zwischen Forstwirtschaftswegen und Freizeitwegen und zum anderen zwischen den verschiedenen Freizeitwegekategorien selbst auftreten (vgl. Kap. 4.2.2.3). Um diese Nutzungsüberlagerungen weitgehend optimal zu gestalten, wurden folgende Richtlinien beachtet: Miteinander vereinbare Nutzungen sollten auf dafür geeigneten Wegeabschnitten konzentriert werden. Stark konflikträchtige Nutzungsarten waren dagegen so weit wie möglich räumlich voneinander zu trennen. Da auf diesem Weg eine hundertprozentige „Entzerrung“ von miteinander unverträglichen Nutzungsarten kaum möglich ist, werden mit Hilfe des GIS solche Wegeabschnitte identifiziert und visualisiert, entlang derer, zur Verminderung des wegen der Überlagerung dort herrschenden erhöhten Konfliktpotentials, geeignete Regulierungsmaßnahmen (Gebote, Verbote, Hinweise, Beschilderungen usw.) ergriffen werden sollten.

Die konkreten Ergebnisse der Analysen zur Mehrfachnutzung werden in den folgenden Tabellen dargestellt. In Tab. 23 werden die Wegelängen quantifiziert, die sich aus der Überlagerung der verschiedenen Freizeitwegekategorien mit den optimierten Forstwirtschaftswegen (Realkonzept) ergeben. Die dabei entstehenden Differenzen zwischen den Wegelängen im multifunktionalen Erschließungskonzept und denjenigen im Status quo, beruhen auf den Einsparungen im Rahmen der forstbetrieblichen Optimierung. Sie können je nach Bedarf im Zuge einer „funktionalen Umwidmung“ als eigenständige Freizeitwege den jeweiligen Kategorien zugeschlagen werden. Anhand der Überlagerungen, in denen Reitwege eine Rolle spielen, soll beispielhaft eine Mehrfachnutzungssituation mit erhöhtem Konfliktpotential detailliert erörtert werden.

Schlußfolgerungen aus der quantitativen Betrachtung der Überlagerungen innerhalb der Freizeitnutzungen (Tab. 23) vervollständigen die Erkenntnisse, die aus den Ergebnissen des in Tab. 23 dargestellten Sachverhalts abgeleitet werden können.

Es zeigt sich, daß mit 42 km mehr als die Hälfte aller Wanderwege (55%) auf forstwirtschaftlichen Hauptfahrwegen und mit 18,5 km ca. ein Viertel (24%) auf forstwirtschaftlichen Rückwegen oder Schneisen verlaufen. Die restlichen 15,5 km (21%) des insgesamt 76 km langen Wanderwegenetzes sind eigenständige Wanderwege ohne direkte Bindung an das forstwirtschaftliche Wegenetz.

Die Situation bei den anschließend hinsichtlich ihres Konfliktpotentials noch eingehender zu diskutierenden Reitwegen stellt sich folgendermaßen dar: Der weitaus größte Anteil der Reitwege des Erschließungskonzepts verläuft mit 26 km Länge (79%) auf Hauptfahrwegen. Rückwege und Schneisen bilden auf 5 km Länge die Grundlage für etwa 15% aller Reitwege; nur ca. 2.000 m (6%) werden als eigenständige Reitwege eingestuft.

**Tab. 23:** Quantifizieren von Nutzungsüberlagerungen: Forstwirtschaftswege und Freizeitwege

			Freizeitwege							
			Wanderwege		Reitwege		Forstl. Lehrpfad		Trimmpfad	
			[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
REALKONZEPT	Gesamtlänge		76.000	100	33.000	100	2.500	100	2.000	100
	Mehrfach-nutzung auf Forstwegen	Haupt-fahrwege	42.000	55	26.000	79	300	12	800	40
		Rückew. u. Schneisen	18.500	24	5.000	15	1.500	60	500	25
	Länge eigenständiger Freizeitwege		15.500	21	2.000	6	700	28	700	35
STATUS QUO	Gesamtlänge		76.000	100	33.000	100	2.500	100	2.000	100
	Mehrfach-nutzung auf Forstwegen	Haupt-fahrwege	53.000	70	28.000	85	1.000	40	1.500	75
		Rückew. u. Schneisen	18.500	24	5.000	15	1.500	60	500	25
	Länge eigenständiger Freizeitwege		4.500	6	0	0	0	0	0	0

Reviere Hainberg und Göttinger Wald (ohne Bösinghausen), Fläche: 1353,6856 ha; Längenangaben gerundet;

Der Waldlehrpfad verläuft mit 1,5 km zu 60% auf Rückewegen bzw. Schneisen. Nur 300 m (12%) sind an forstwirtschaftliche Hauptfahrwege gebunden; die Differenz zur Gesamtlänge des Lehrpfades von ca. 700 m (28%) wird im multifunktionalen Erschließungskonzept als eigenständiger Freizeitweg eingestuft.

Vom ca. 2 km langen Trimmpfad liegen 800 m (40%) auf einem Hauptfahrweg. Auf der Basis von Rückewegen oder Schneisen verlaufen 500 m (25%). Die Länge des Trimmpfades, die als eigenständiger Freizeitweg einzustufen ist, fällt mit 700 m (35%) verhältnismäßig hoch aus.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der Mehrfachnutzung forstwirtschaftlicher Wege kann festgestellt werden, daß auf Hauptfahrwegen am häufigsten Überlagerungen vorkommen. Quantitativ verdeutlichen läßt sich diese Überlagerungsdichte dadurch, daß den 56 km Hauptfahrwegen des Realkonzepts (Reviere Hainberg und Göttinger Wald) insgesamt ca. 69 km an Freizeitwegelänge zugeordnet sind (Faktor 1,23). Verglichen mit dem Verhältnis im Status quo (74,5 km forstwirtschaftliche Hauptfahrwege vereinen 83,5 km Freizeitwege auf sich, Faktor 1,12) ergibt sich für das multifunktionale Erschließungskonzept eine stärkere Konzentration an Nutzungen auf dem Wegenetz des Stadtwaldes. Dieser Konzentrationseffekt ist aus ökonomischen Gründen (Instandhaltungskosten) und ökologischen Gründen (Störeffekte) erwünscht, birgt aber auch die Gefahr verstärkter Konflikte. Hierbei ist zusätzlich zu beachten, daß die Radwege bei den Betrachtungen zur Mehrfachnutzung im vorliegenden Fall nicht mitberücksichtigt wurden. Geht man davon aus, daß auf allen Hauptfahrwegen mit der Nutzung durch Radfahrer zu rechnen ist, dann würde sich die Überlagerungsdichte als Maß für die Mehrfachnutzung entsprechend erhöhen.

Wie schon erwähnt, spielen auch Nutzungsüberlagerungen zwischen den einzelnen Freizeitwegkategorien eine Rolle. Im folgenden werden einige Aspekte solcher Mehrfachnutzungen erörtert, wobei am Beispiel der Reitwege auf die Konfliktpotentiale eingegangen wird, die dann entstehen, wenn als problematisch eingeschätzte Nutzungsarten auf denselben Wegeabschnitten aufeinandertreffen.

**Tab. 24:** Quantifizieren der Nutzungsüberlagerungen von Freizeitnutzungen

	Freizeitwege									
	Wanderwege		Reitwege		Forstl. Lehrpfad		Trimpfad		Gesamt	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
<b>Wanderwege</b>	46.700	61	25.500	34	1.800	2	2.000	3	76.000	100
<b>Reitwege</b>	25.500	77	6.800	21	300	1	400	1	33.000	100
<b>Forstl. Lehrpfad</b>	1.800	72	300	12	400	16	0	0	2.500	100
<b>Trimpfad</b>	2.000	100	400	20	0	0	0	0	2.400	120

*Reviere Hainberg und Göttinger Wald (ohne Bösinghausen), Fläche: 1353,6856 ha; Längenangaben gerundet*

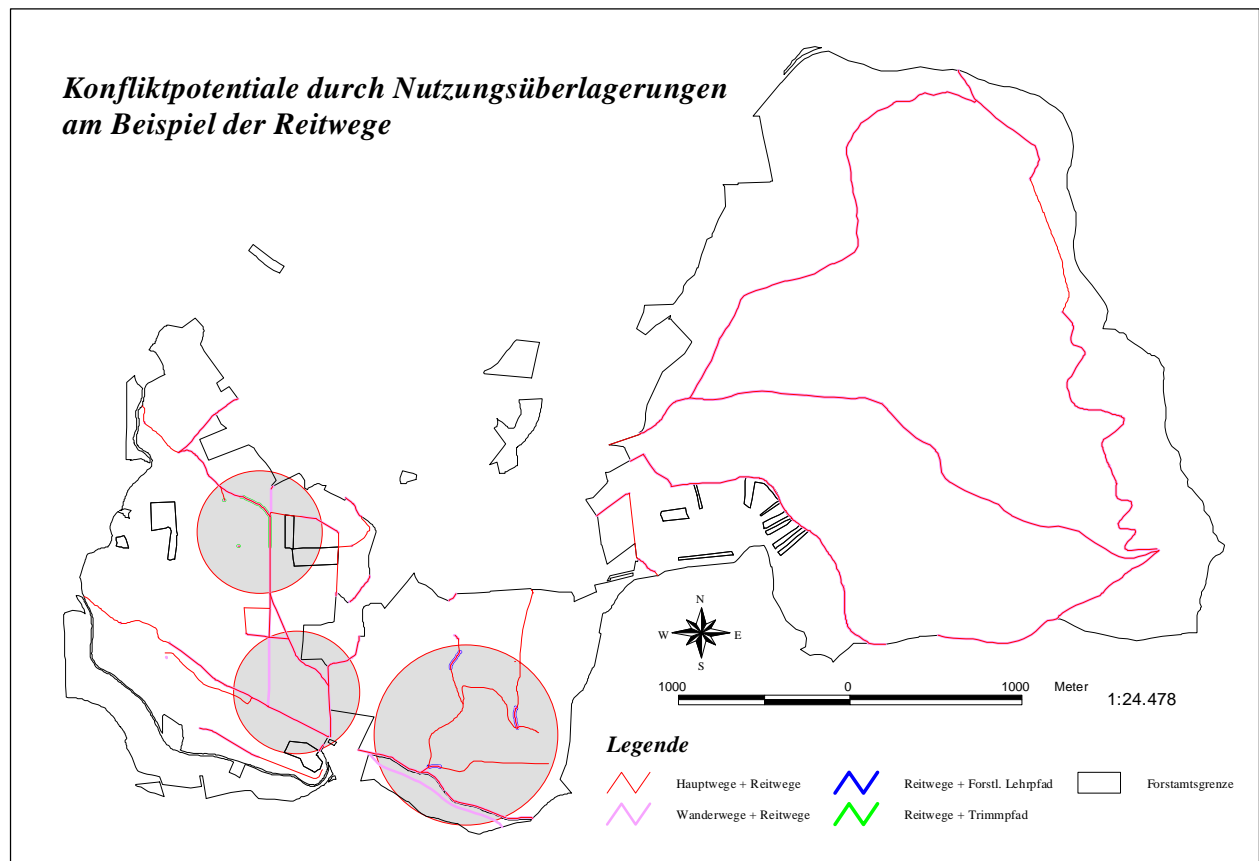
Aus den Angaben der Tab. 23 folgt, daß 29,3 km (39%) der Wanderwege von anderen Freizeitnutzungen mitbeansprucht werden. Die Detailanalyse dieser Mehrfachnutzungen ergibt, daß 77% der Reitwegelänge (25,5 km), 72% der Länge des Waldlehrpfades (1,8 km) und die Gesamtlänge des Trimpfades (2 km) zugleich als Wanderwege definiert sind. Als problemlos können die Nutzungsüberlagerungen von Wanderwegen mit dem Waldlehrpfad bzw. dem Trimpfad klassifiziert werden. Dagegen sind Konfliktsituationen bei der gleichzeitigen Nutzung der Wege durch Fußgänger (Spaziergänger, Wanderer, Jogger usw.) und Reiter durchaus möglich. Die davon betroffenen Wegeabschnitte mit einer Gesamtlänge von 25,5 km sollten deshalb – z.B. durch Beschilderungen – entsprechend gekennzeichnet werden, um die Waldbesucher auf das Risiko des Entstehens von Konflikten hinzuweisen. Ähnlich einzustufen ist die Situation, die dadurch entsteht, daß auf ca. 300 m Länge des forstlichen Lehrpfades eine Mitbenutzung durch Reiter gegeben ist.

Als noch problematischer müßte die gleichzeitige Nutzung eines ca. 400 m langen Wegeabschnitts durch Reiter und Trimmsportler angesehen werden. Der die 100%- Marke übersteigende Gesamtwert für die Mehrfachnutzung des Trimpfades ist dahingehend zu interpretieren, daß sich auf ein und denselben Wegeabschnitten mehrere Nutzungsarten summieren. Im konkreten Fall verläuft der gesamte Trimpfad mit 2 km Länge auf einem als Wanderweg deklarierten Teilstück, was bereits einer Auslastung von 100% entspricht. Dazu kommt zusätzlich der bereits angesprochene ca. 400 m lange Reitwegeabschnitt, der die bereits bestehende Doppelnutzung aus Trimpfad und Wanderweg um ein weiteres Quantum auf nunmehr 120% erhöht. Da der Trimpfad gegenwärtig allerdings nur als geplante „Reservevariante“ vorgehalten wird und aus den bereits genannten Gründen keine Rolle in der Praxis spielt, „ruht“ hier das normalerweise entstehende Konfliktpotential. Im Falle einer „Wiederbelebung“ des Trimpfades sollten diese unverträglichen Nutzungen jedoch unbedingt entflochten werden.

Eine Überlagerung der Kategorien Waldlehrpfad und Trimpfad ist aufgrund der räumlichen Trennung nicht gegeben.

Veranschaulicht und zugleich lagemäßig konkretisiert werden die bislang erörterten Zusammenhänge durch die grafische Darstellung in Abb. 31. Am Beispiel der Reitwege wurden GIS-gestützt solche Wegeabschnitte identifiziert, auf denen durch Mehrfachnutzungen ein erhöhtes Konfliktpotential besteht.

**Abb. 31:** Nutzungsüberlagerungen am Beispiel der Reitwege



Ergänzend zu den bisherigen Ausführungen ist die Bedeutung der Nutzerkategorie Radfahrer / Mountainbiker hervorzuheben. Ohne die strikte Bindung an ein spezielles Wegenetz muß mit dieser Nutzung auf allen forstwirtschaftlichen Hauptwegen und – um einiges eingeschränkt – auch auf Rückewegen und Schneisen (MTB) gerechnet werden. Dadurch steigt neben der Überlagerungsdichte des gesamten multifunktionalen Erschließungskonzepts vor allem auch das Konfliktpotential innerhalb der Freizeitwegekategorien an, das beim Aufeinandertreffen von Radfahrern einerseits sowie Reitern und Fußgängern andererseits in besonderem Maße entsteht (vgl. Kap. 4.2.2.3).

Bei der praktischen Umsetzung des Erschließungskonzepts stehen dem Forstbetrieb hinsichtlich der „überflüssigen“ Fahrwegeabschnitte folgende Alternativen zur Auswahl: Auflassung, aktiver Rückbau und „funktionale Umwidmung“. Die ersten beiden Alternativen sind Mittel zur gezielten Absenkung der Wegedichte im Erschließungsgebiet, die „funktionale Umwidmung“ hat



auf die Wegedichte primär keinen Einfluß, kann aber mit einer der erstgenannten Alternativen kombiniert werden.

In der hier untersuchten Situation des Stadtforstamtes Göttingen erscheint die Alternative des aktiven Rückbaus von Fahrwegen aus den schon im Kap. 3.4.1.1 erläuterten Gründen nicht empfehlenswert, so daß sich für die Realisierung des Konzepts zum einen die Auffassung von Fahrwegen mit dem Ziel der mittel- bis langfristigen Verringerung der Wegelänge anbietet. Zum zweiten erscheint die „funktionale Umwidmung“ von Forstwirtschafts- zu Freizeitwegen ein geeignetes Instrument zu sein, um das Ziel einer noch besseren Befriedigung der Bedürfnisse in der Folge der stark ausgeprägten Freizeit- und Erholungsnutzung im stadtnahen Waldgebiet ohne neue Eingriffe und bauliche Investitionen zu erreichen. Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß durch das „Umfunktionalisieren“ von Forstwirtschaftswegen – durch die nach wie vor notwendigen Unterhaltungsmaßnahmen – der auf längere Sicht positive wirtschaftliche Effekt einer forstbetrieblichen Wegenetzoptimierung weitgehend aufgebraucht wird. Ein über die Notwendigkeiten des Forstbetriebs hinaus bestehendes (und zu unterhaltendes) Fahrwegenetz würde damit weiterhin Kosten verursachen, die allerdings dem eigentlichen Forstbetrieb nicht zuzurechnen und auch nicht zuzumuten wären, so daß – z.B. im Rahmen der Umstellung des Haushaltswesens auf Methoden der Budgetierung – ein Kostenersatz anzustreben wäre. Auf die Größenordnung solcher finanziellen Konsequenzen für den Forstbetrieb wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

#### 4.5 Wirtschaftliche Konsequenzen für den Forstbetrieb

Die Beurteilung der wirtschaftlichen Effekte der funktionenbezogenen Optimierung der Walder-schließung im Göttinger Stadtwald basiert auf einem Vergleich der Instandhaltungskosten des Wegenetzes im Status quo mit denen des Realkonzepts (Tab. 25). Die finanziellen Auswirkungen der Mehrfachnutzung werden dadurch berücksichtigt, daß im Rahmen einer Beispielkalkulation gutachtlich angepaßte Kostensätze in die Berechnung einfließen. Diese durchschnittlichen Kostensätze für die Instandhaltung von Forstwirtschaftswegen beruhen auf Vergleichswerten aus aktuellen forstlichen Statistiken (z.B. Jahresberichte der Landesforstverwaltungen, vgl. Kap. 4.2.1.2) bzw. ähnlich gelagerten Untersuchungen zu den Kosten der Fahrwegeinstandhaltung (BRANZ, 1994, BECKER, 1998).

**Tab. 25:** Vergleich der Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung von Mehrfachnutzungen (DM/Jahr)

			Forstwirtschaftswwege			Freizeitwege	
			Haupt-fahrwege	Mehrfach-nutzung	Rückewege / Schneisen Mehrfachnutzung	Eigenständig	
Status quo	Länge	lfm	74.500		25.500	4.500	129.300
	IK	DM/lfm/a	1,50		0,60	0,50	
		DM	111.750		15.300	2.250	
Realkonzept	Länge	lfm	56.000		25.500	18.900	114.350
	IK	DM/lfm/a	1,60		0,60	0,50	
		DM	89.600		15.300	9.450	
nur forstlich	Länge	lfm	56.000				
	IK	DM/lfm/a	0,70				
		DM	39.200				

Es zeigt sich, daß in den beiden Stadtwaldrevieren Hainberg und Göttinger Wald mit der Reduktion der Fahrwegelänge von 74,5 km im Status quo auf 56 km im Realkonzept und den damit verbundenen „Entzerrungs- und Konzentrationseffekten“ hinsichtlich der Freizeitnutzungen eine Senkung der Instandhaltungskosten von 129.300 DM auf 114.350 DM, d.h. um ca. 15.000 DM möglich ist.

Unberücksichtigt bleiben in diesem Zusammenhang die möglichen finanziellen Auswirkungen einer funktionenbezogenen Feinerschließungsoptimierung, auf die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht eingegangen werden konnte. Die mehrfach genutzten Rückewege und Schneisen wurden aus diesem Grunde unverändert aus dem Status quo in das Realkonzept übernommen. Der Kostensatz von 0,60 DM/lfm/Jahr für die Instandhaltung mehrfach genutzter Rückewege und Schneisen wurde vor dem Hintergrund des erhöhten Aufwandes zur Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen – den Ansprüchen der Freizeitnutzer gerecht werdenden – Zustandes nach Rückearbeiten gutachtlich festgelegt. Die insgesamt 25,5 km Rückewege und Schneisen, die mit Freizeitnutzungen überlagert sind, werden deshalb sowohl im Status quo als auch im Realkonzept mit Instandhaltungskosten in Höhe von 15.300 DM kalkuliert.

Die Absenkung der Fahrwegedichte hat in der vorliegenden Untersuchung eine stärkere Konzentration an Mehrfachnutzungen auf dem verbleibenden Wegenetz zur Folge. Je mehr Nutzungsarten sich aber auf einem Wegeabschnitt überlagern, desto höher ist zwangsläufig auch der Instandhaltungsaufwand, was wiederum steigende Kosten bedingt. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wurde der veranschlagte Kostensatz für die Instandhaltung von mehrfach genutzten Hauptfahrwegen von 1,50 DM/lfm/Jahr im Status quo auf 1,60 DM/lfm/Jahr im Realkonzept – ebenfalls gutachtlich – erhöht. Trotz dieser aufwendigeren Instandhaltung sinken die kalkulatorischen Ausgaben – als Folge der Wegelängenreduktion – von 111.750 DM im Status quo auf 89.600 DM im Realkonzept um 22.150 DM.

Als eine weitere Folge der funktionenbezogenen Optimierung steigt die Länge an eigenständigen Freizeitwegen. Gegenüber 4,5 km im Status quo hat sich die Länge dieser Wege im Realkonzept mit 18,9 km mehr als vervierfacht. Die Instandhaltungskosten wurden hier mit 0,50 DM/lfm/Jahr um 0,10 DM/lfm/Jahr niedriger als bei mehrfach genutzten Rückewegen gutachtlich veranschlagt. Dieser geringere Kostensatz basiert auf der Überlegung, daß auf eigenständigen Freizeitwegen keine Rückearbeiten durchgeführt werden, was wiederum eine geringere Instandhaltungsintensität nach sich zieht.

Vergleichsweise wurden die Instandhaltungskosten berechnet, die ein nur für forstbetriebliche Zwecke geeignetes Fahrwegenetz gleicher Länge, ohne jede Mehrfachnutzung, verursachen würde. Wird ein durchschnittlicher Kostensatz von 0,70 DM/lfm/Jahr zugrundegelegt, ergeben sich Aufwendungen für die Instandhaltung dieses „nur forstlichen“ Fahrwegenetzes von 39.200 DM. Die Differenz zwischen den Instandhaltungskosten mehrfach genutzter Fahrwege im Realkonzept (89.600 DM) und den hypothetischen Instandhaltungskosten eines „nur forstlichen“ Fahrwegenetzes (39.200 DM) beträgt 50.400 DM. Rechnet man die o.g. 15.300 DM für die Instandhaltung mehrfach genutzter Rückewege im Realkonzept hinzu, dann ergeben sich Gesamtkosten der Nutzungsüberlagerung von 65.700 DM. Dieser Betrag quantifiziert die Mehrkosten, die dem Forstbetrieb dadurch entstehen, daß das forstwirtschaftliche Wegenetz (56 km Fahrwege und 25,5 km Rückewege und Schneisen) in den Stadtwaldrevieren Hainberg und Göttinger Wald in einem solchen Zustand erhalten wird, daß es neben den forstbetrieblichen Anforderungen vor allem auch den Ansprüchen an ein stadtnahes, stark frequentiertes Freizeitwegenetz gerecht wird. Bei Überlegungen zu einer nutzungsbezogenen Verteilung finanzieller Belastungen zwischen Forstbetrieb und Stadtverwaltung, wie sie etwa im Rahmen einer Budgetierung notwendig werden, wäre dieser Betrag und zusätzlich der Unterhaltungsaufwand für „reine“ Freizeitwege (9.450 DM) als Kriterium zur Kostenaufteilung heranzuziehen.

Für die Zukunft ist eine verursachergerechte, prozeßkostenorientierte Verbuchung der wegebbezogenen Aufwendungen dringend anzuraten, um die hier zunächst herangezogenen Durchschnitts- bzw. Erfahrungswerte durch betriebsspezifische Kostendaten zu ersetzen.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Untersuchung wird am Beispiel des Göttinger Stadtwaldes ein Erschließungskonzept entwickelt, das die Anpassung des vorhandenen Wegenetzes an die Ansprüche der verschiedenen Waldbesucher unter Beachtung der Pflege des Waldes für die Erholungs- und Schutzfunktionen sowie nachrangig auch für die Nutzfunktion zum Gegenstand hat. Aus betrieblicher Sicht sollten damit Möglichkeiten zur Kosteneinsparung bei der Wegeinstandhaltung durch Extensivierung und / oder Absenkung der Wegedichte geprüft werden. Zugleich war es ein Anliegen der Betriebsleitung, die Leistungen des Stadtforstamtes für die Bevölkerung auf dem Gebiet der Erholung besser als bisher transparent darstellen zu können.

Analyse, Bewertung und Optimierung des Wegenetzes können mit vertretbarem Aufwand nur unter Einsatz eines geographischen Informationssystems (GIS) mit befriedigendem Ergebnis durchgeführt werden. Mit Hilfe eines GIS werden forstbetriebliche und durch Erholung verursachte Schwerpunkte der Wegebelastung gekennzeichnet, sich überlagernde Nutzerinteressen offengelegt und als Grundlage einer Erschließungsalternative quantitativ beurteilt und dargestellt.

Den Schwerpunkt des ersten Teils der Untersuchung bildet die GIS-gestützte Erfassung des bestehenden forstbetrieblichen Wegenetzes sowie der hierbei relevanten erschließungsbedeutsamen Informationen. Der Aufbau der digitalen Datenbasis als Grundlage für die Analyse des Status quo erfolgt unter Einsatz des GIS ARC/INFO®. Neben den geometrisch- topographischen Informationen über Abteilungen, Wege und Relief im Untersuchungsgebiet werden auch die fachspezifischen Sachdaten der Forsteinrichtung in die digitale Datenbasis integriert. Damit ist die Möglichkeit gegeben, das geographische Informationssystem über die Zwecke der Erschließungsplanung hinaus als universelles betriebliches Steuerungselement (Forstliches Informationssystem – FIS) einzusetzen.

Basierend auf den Ergebnissen der Analyse des Status quo wird zunächst ein theoretisches Erschließungsmodell erarbeitet. Dieses Modell orientiert sich an der forstbetrieblichen Zielvorgabe einer Reduktion der Fahrwegedichte ohne wesentliche Verringerung der Erschließungsqualität.

Die errechneten Erschließungskennziffern zeigen, daß durch eine unter rein forstlich- erschließungstechnischen Aspekten durchgeführte Optimierung (d.h. ohne Berücksichtigung von Freizeit- und Erholungsnutzungen), die Wegedichte von 51,4 lfm/ha im Status quo auf 28,3 lfm/ha im Theoretischen Modell abgesenkt werden könnte, mit entsprechend positiven Folgen für die Kosten der Wegeunterhaltung. Die Kennziffern der Erschließungsqualität, die in der vorliegenden Untersuchung auf der Basis des sog. Erschließungsprozents (Relation von erschlossener zur Gesamtfläche), der mittleren Rückeentfernung sowie des Anteils mehrfach erschlossener Flächen beurteilt wurden, bleiben gleichwohl auf akzeptablem Niveau.

Um für den komplexen Fall der Mehrfachnutzung des forstlichen Wegenetzes zuverlässige Angaben hinsichtlich optimaler Wegedichte, Qualität (Ausbaustandard) und über die Möglichkeiten und Grenzen der Überlagerung verschiedener Nutzungsarten zu erhalten, müssen die Ansprüche der einzelnen Nutzergruppen an ein Wegenetz bedarfsorientiert analysiert werden. Im Falle der forstwirtschaftlichen Nutzung ist dies mittels klar definierter und in der Praxis bewährter qualitativer (Fahrbahnlängs- und Querneigungen, Kurvenradien, Oberflächenbeschaffenheit, Entwässerungsanlagen usw.) und quantitativer Parameter (Wegelänge, Wegedichte, mittlerer Wegeabstand, mittlere Ruckeentfernung, Erschließungsprozent usw.) möglich.

Problematischer dagegen stellt sich die Quantifizierung des Bedarfs an Freizeitwegen dar. Diesbezüglich wird in der vorliegenden Arbeit – basierend auf den Methoden der empirischen Sozialforschung – ein neuer Ansatz verfolgt, in dem Repräsentanten der verschiedenen Hauptnutzergruppen (Spaziergänger, Wanderer, Jogger, Reiter, Radfahrer, Mountainbiker u.a.) als Experten im Hinblick auf das Untersuchungsziel befragt werden.

Die Interviewergebnisse im Rahmen der durchgeführten teilstrukturierten Leitfadengespräche lassen den Schluß zu, daß die gegenwärtige quantitative Ausstattung des Göttinger Stadtwaldes mit Freizeitwegen den Ansprüchen der jeweiligen Nutzergruppen weitgehend gerecht wird. Im einzelnen wurden 76 km Wanderwege, 33 km Reitwege, ein 2,5 km langer Waldlehrpfad und ein ca. 2 km langer Trimpfad berücksichtigt und in das multifunktionale Erschließungskonzept übernommen.

Bei dem Versuch, den Bedarf an Radwegen (Radwanderwege oder MTB-Strecken) für das Gebiet des Stadtwaldes Göttingen zu quantifizieren, wird deutlich, daß die objektiv gegebenen Flächenkapazitäten nicht ausreichen, um ein eigenständiges, attraktives Radwegenetz ausweisen zu können. Aufgrund der großen Aktionsradien der Radfahrer (Tagestouren von bis zu 150 km) können die Waldwege des Stadtforstamtes lediglich Teilabschnitte im Tourenplan darstellen. Andererseits ist mit Radfahrern auf allen Waldwegen zu rechnen.

Wichtige und neue Erkenntnisse vermittelten die Expertenbefragungen über die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzungsüberlagerung, d.h. der konfliktarmen gleichzeitigen Wegeinanspruchnahme durch verschiedene Nutzergruppen (z.B. Spaziergänger, Reiter, Radfahrer).

Auf der Grundlage des theoretischen Erschließungsmodells und unter Einbeziehung der gewonnenen Erkenntnisse aus den Expertenbefragungen sowie ergänzender Literaturrecherchen zum Thema Freizeit- und Erholungsnutzung wurde in enger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Stadtforstamtes schrittweise ein multifunktionales Erschließungskonzept hergeleitet. Dieses sogenannte Realkonzept stellt in seiner Kombination von Wirtschafts- und Freizeitwegen eine Integration der verschiedenen Nutzerinteressen und -präferenzen dar.

Durch die räumliche Überlagerung verschiedener Wegenutzungen im GIS können unter anderem solche Wegeabschnitte identifiziert und visualisiert werden, auf denen durch die Konzentration mehrerer – eventuell schwer vereinbarer – Nutzungskategorien ein erhöhtes Konfliktpotential vorhanden ist. Aufgrund solcher Informationen besteht dann die Möglichkeit, diese Problembereiche entweder durch Entflechtung, ggf. auch durch Zubau separater Freizeitwege (z.B. Reitwege) oder durch gezielte Maßnahmen der Besucherlenkung, wie z.B. durch eine entsprechende Beschilderung dieser Wegeabschnitte, soweit wie möglich zu entschärfen.

Die Einbeziehung des bedarfsorientierten Freizeitwegenetzes und von Fragen der praktischen Realisierbarkeit in die Überlegungen zur forstlichen Wegenetzoptimierung hat zur Folge, daß die quantitativen Optimalvorstellungen des Theoretischen Modells nicht mehr ganz erreicht werden können. Der Vergleich zwischen Status quo und Realkonzept zeigt aber, daß die vorhandene Wegedichte von 51,4 lfm/ha immerhin auch hier auf 35,4 lfm/ha verringert werden kann. Damit liegt die Wegedichte nur unwesentlich über dem Landesdurchschnitt für vergleichbare geographische Verhältnisse, was aber bei der Berücksichtigung der Besonderheiten stadtnaher Waldgebiete und bezogen auf die relativ kleine Untersuchungsfläche durchaus plausibel erscheint und gerechtfertigt ist. Gegenüber dem Status quo ist im Realkonzept ein spürbarer Zugewinn an Erschließungsqualität zu registrieren, der vor allem darauf beruht, daß sich mit einer deutlichen Verringerung der Fahrwegelänge die Kennwerte Erschließungsprozent und mittlere Rückeentfernung nur unwesentlich – und nicht über den Rahmen der forstlich angestrebten Zielvorstellungen hinaus – erhöhen. Ebenfalls positiv ist die bedeutende Verringerung des Anteils mehrfach erschlossener Flächen im Realkonzept zu bewerten. Betrug die Mehrfacherschließung im Status quo z.B. auf der Grundlage des Technischen Erschließungsprozents ( $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ ) noch 44,2%, so sank der in realen Erschließungsnetzen nie völlig zu eliminierende Anteil uneffektiver Erschließung im Realkonzept auf 24,9%.

Abschließend soll ein Vergleich der Kosten für die Wegeinstandhaltung im Rahmen der gegenwärtigen Erschließung mit den Kosten nach der Realisierung der Netzoptimierung Aufschluß über die wirtschaftlichen Konsequenzen für den Forstbetrieb geben. (Da im Stadtforstamt Göttingen Kosten für Wege derzeit nicht getrennt verbucht werden, wurde mit kalkulatorischen Kosten auf der Basis vergleichbarer Betriebe gerechnet.) Es zeigt sich, daß in den beiden Stadtwaldrevieren Hainberg und Göttinger Wald mit der Reduktion der Fahrwegelänge von 74,5 km im Status quo auf 56 km im Realkonzept und den damit verbundenen „Entzerrungs- und Konzentrationseffekten“ hinsichtlich der Freizeitnutzungen eine Senkung der Instandhaltungskosten um ca. 15.000 DM/Jahr möglich ist.

Die Differenz zwischen den Instandhaltungskosten mehrfach für Erholungszwecke genutzter Fahrwege im Realkonzept und den hypothetischen Instandhaltungskosten eines „nur forstlichen“ Fahrwegenetzes beträgt ca. 50.000 DM/Jahr. Rechnet man die Instandhaltungskosten der für Erholungszwecke genutzten Rückewege im Realkonzept hinzu, dann summieren sich

die Gesamtkosten der Nutzungsüberlagerung auf etwa 65.000 DM. Dieser Betrag quantifiziert die Mehrkosten, die dem Forstbetrieb dadurch entstehen, daß das forstwirtschaftliche Wegenetz in den Stadtwaldrevieren Hainberg und Göttinger Wald (56 km Fahrwege und 25,5 km Rückewege bzw. Schneisen) in einem solchen Zustand erhalten wird, daß es neben den forstbetrieblichen Anforderungen vor allem auch den Ansprüchen an ein stadtnahes, stark frequentiertes Freizeitwegenetz gerecht wird. Für die Zukunft ist anzustreben, die mit der Wegeinstandhaltung zusammenhängenden Kosten möglichst strukturiert und auf einzelne Wegeabschnitte bezogen zu verbuchen, wobei das geographische Informationssystem eine wichtige Hilfe sein kann. So wird es möglich, betriebsintern die Betriebsmittel noch gezielter und zugleich sparsamer einzusetzen und im Außenverhältnis die zusätzlichen Leistungen des Forstamtes für die Bevölkerung darzustellen und auch finanziell zu konkretisieren.

## **6 LITERATURVERZEICHNIS**

- ADFC, KREISVERBAND LEIPZIG (1993): Touristisches Radfahren in Sachsen. Hrsg. vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit. Leipzig 1993,
- ADV (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND) (1988): Amtliches Topographisch – Kartografisches Informationssystem (ATKIS). Sonderdruck. Bonn Landesvermessungsamt NRW. 28 S..
- ALRUTZ, D. (1995): Radverkehrsanlagen. Einführung zu den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. Hrsg. von der Beratungsstelle für Schadenverhütung, Verband der Schadenversicherer e.V. VdS. Köln 1995,
- AMELUNG (1978): Das Beispiel eines landeskulturellen Lehrpfades im Staatl. Forstamt Grünenplan / Hils. AFZ, Nr. 25 1978, S. 724 – 726.
- AMMER, U., AMMER, W.- D., HAAS, A., MAYER, E. (1973): Zur Weiterentwicklung von Waldsportpfaden. AFZ, Nr. 13 1973, S. 293 – 296.
- ARBEITSKREIS ZUSTANDSERFASSUNG UND PLANUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1982): Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes (Waldfunktionenkartierung). Frankfurt: Verlag J. D. Sauerländer. 82 S..
- ATTESLANDER, P., BENDER, C. (1993): Methoden der empirischen Sozialforschung. 7. Bearb. Aufl. – Berlin, New York: de Gruyter, (Sammlung Götschen; 2100) ISBN 3-11-013789-5 NE: Atteslander, Peter; GT.
- BARTELME, N. (1989): GIS Technologie. Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen. Berlin, Heidelberg: Verlag Springer. 280 S..
- BARTLAU, J. (1978): Zur medizinischen Beurteilung von Trimpfpfaden. AFZ, Nr. 25 1978, S. 722 – 723.
- BAUER, H. (1991): Digital geführte Karten - ATKIS (Realisierung). In: Nachrichten der niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 41 (1) S. 11 – 18.
- BAUMANN, E. (1988): Vermessungskunde. Lehr- und Übungsbuch für Ingenieure. Band 2. Bonn: Dümmeler.
- BECKER, G. (1995): Walderschließung auf dem Prüfstand. AFZ, Nr. 9 1995, S. 482 -483.
- BECKER, G. (1998): Optimierte Walderschließungssysteme. AFZ / Der Wald, Nr. 19 1998, S. 989 - 991.
- BECKER, G., JAEGER, D., HENTSCHEL, S. (1995): Anpassung von Wegenetzen an veränderte Rahmenbedingungen. AFZ, Nr. 9 1995, S. 484 - 491.
- BEZZOLA, D. (1988): Anleitung zum Programm Mac Waldstraße, Detailprojektierung im Wald- und Güterstraßenbau. In: Fides Informatik. Forstl. Ingenieurwesen ETH Zürich. 47 S..
- BITTER, A. W. (1990): EDV- gestützte Unternehmensführung im Forstbetrieb mit Hilfe eines flächenbezogenen Betriebsinformationssystems. Dissertation, Göttingen. 299 S..
- BRACHER, T. (1997): Die Neuorientierung der Radverkehrsplanung. Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Kap. "Verkehrssysteme und Verkehrsteilsysteme". 14. Ergänzungslieferung 7/1997, S. 1 – 33.
- BREMEIER, H.- J. (1989): Forstwegebau im Harz. AFZ München, Nr. 44 (18-20) 1989, S. 484 - 486.
- BUß - SCHÖNE, H. (1993): Planung von Erschließung und Feinerschließung am Beispiel des Forstreviers Harzgerode im Staatsforstamt Harzgerode im Ostharz. Diplomarbeit, Göttingen.
- C.R.O.W. (NIEDERLÄNDISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR VERKEHRSTECHNIK) (1995): Sign up for the bike. Design manual for a cycle-friendly infrastructure. C.R.O.W. record no. 10.
- DEHNING, J. UND KEPPLER, O. (1994): Planung zur Optimierung eines bestehenden Erschließungsnetzes und ihre Realisierung am Beispiel der Privatforstverwaltung Neuenhof im Sauerland. Diplomarbeit Göttingen.
- DIETZ, P., KNIGGE, W., LÖFFLER, H. (1984): Walderschließung. Hamburg, Berlin: Verlag Parey. 426 S..
- DILL, G. (1973): Der Sportpfad Degerloch – eine Sportanlage im Wald. AFZ, Nr. 12 1973, S. 302.



- DOBLER, D. (1973): Regionale Planung am Beispiel des Naherholungsgebietes Stromberg. AFZ, Nr. 13 1973, S. 262 - 266.
- DUKAS, K. G. UND AKÇA, A. (1990): Untersuchungen über die Anwendung von modernen photogrammetrischen Methoden bei der Forstwegetrassierung und der Waldkatastervermessung. Forstarchiv, Nr. 61, S. 77 - 80.
- DÜRRSTEIN, H. (1987): Die EDV- gestützte Projektierung im Forstwegebau - Informationsbasis, Programmstruktur und Anwendung. Dissertation München. 285 S..
- DÜRRSTEIN, H. (1988): Computer - supported planning and evaluation of opening up alternatives. Proceedings of IUFRO - Workshop 1988. Schweiz „Accessibility of Mountain Forests“.
- DÜRRSTEIN, H. (1992): Detailed Road planning Using Microcomputers. In: Proceedings, Computer Supported Planning of Roads and Harvesting Workshop. IUFRO – Proceedings. Subject Groups 3.05 and 3.06. S. 57 - 66.
- DVORŠČÁK, P. UND HRÍB, M. (1992): Development and present state of Utilizing Computing technique in Projecting of forest roads in Slovakia. In: Proceedings, Computer Supported Planning of Roads and Harvesting Workshop. IUFRO – Proceedings. Subject Groups 3.05 and 3.06. S. 85 - 93.
- ERBSLÖH, E. (1972): Interview. Stuttgart.
- ESRI, (1994): Understanding GIS - The ARC/INFO® Method. Self-study Workbook. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA, ISBN 1-879102-24-2.
- ESRI, (1995): ARC/INFO®: The World's GIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA März 1995.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN FGSV, AG STRAßENENTWURF (1995): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA 95. Bd. 284.
- FORSTPLANUNGS- UND BERATUNGSBÜRO FÜR FORSTWIRTSCHAFT, DIPLOM-FORSTING. R. ATALAY (1989): Erläuterungsband zur Forsteinrichtung. Balve 1989.
- FRIEDRICHS, J. (1973): Teilnehmende Beobachtung abweichenden Verhaltens. Stuttgart.
- GABLER, H. (1973): Spiel- und Sportanlagen aus der Sicht des Pädagogen. AFZ, Nr. 13 1973, S. 279 – 280.
- GAUMITZ, B. (1990): Situation der Walderschließung in den neuen Bundesländern. AFZ, Nr. 45 (46 + 47) 1990, S. 1194-1196.
- GROTE, P. (1995): Radfernwege - Neue Wege für den Tourismus. Planung und Realisierung von Radfernwegen. Eine Untersuchung, konkretisiert am Beispiel des R1 im Bereich Nordharz und des noch nicht eröffneten Harzrand- Radwanderweges. Diplomarbeit Uni- GH Paderborn, Abteilung Höxter, Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltplanung. Höxter, Dezember 1995.
- HAFNER, F. (1971): Forstlicher Straßen- und Wegebau. Österreichischer Agrarverlag, Wien, ISBN 3-7040-0382-4.
- HAUSKNECHT, E. (1995): Generelle Erschließungsplanung am Beispiel des Revierteils Netzberg der Stiftsoberförsterei Ilfeld/ Thüringen. Diplomarbeit Göttingen.
- HEINEKE, H. J. (1991): Zur Systemarchitektur des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS - Teil: Fachinformation Bodenkunde. Geologisches Jahrbuch, A 126, S. 47 - 57.
- HEINIMANN, H. R. (1997): Erschliessungsanlagen I. Forstliche Erschliessungsplanung im ländlichen Raum. Unterlagen zur Vorlesung (Ausgabe SS 97). D-WAHO Forstliches Ingenieurwesen, ETH Zürich April 1997.
- HENTSCHEL, S. (1995): GIS-gestützte Herleitung der flächenhaften Erschließungswirkung von Wegenetzen am Beispiel von ARC/INFO®. Forsttechnische Informationen, Nr. 1-2/96 1996, S. 8 - 13.
- HENTSCHEL, S. (1997): Report about the methodology of computer-aided planning of forest roads in East-Kalimantan within the scope of the SFMP case study „Forest Road Demonstration Project“. Abschlußbericht für die GTZ, Eschborn, unveröffentlicht.
- HENTSCHEL, S., V. JANOWSKY, D., BECKER, G. (1999): Zwischenbericht zum Werkvertrag über die nutzungsspezifische Analyse und Optimierung des Wegenetzes im Stadt- und Staatswald Stuttgart. Freiburg, unveröffentlicht.

- HINRICHS, A., SCHWUNN, E., ZINTEL, M. (1992): Geographische Informationssysteme in der Forstwirtschaft. Eine Einführung in die Arbeitsweise mit einem Anwendungsbeispiel zur Sturmschadensanalyse. Arbeitspapier 7-92 des Instituts für Forsteinrichtung und Forstliche Betriebswirtschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 31 S..
- HOPF, C. (1978): Die Pseudo-Exploration. Überlegungen zur Technik qualitativer Interviews in der Sozialforschung. Zeitschrift für Soziologie. Nr. 2 1978, S. 97 – 115.
- HORMUTH, S. E., BRÜCKNER E. (1985): Telefoninterviews in Sozialforschung und Sozialpsychologie. Ausgewählte Probleme der Stichprobengewinnung. Kontaktierung und Versuchsplanung. KZfSS, Jg. 37, Heft 3 1985, S. 526 – 545.
- HOTHMER, J. (1966): Zur Praxis der photogrammetrischen Planerstellung für die baureife Straßenplanung. Deutsche Straßen- und Brückenbau – Zeitschrift, Nr. 18 (34) 1966, S. 3-12.
- HUSS, J. (1984): Luftbildmessung und Fernerkundung in der Forstwirtschaft. Karlsruhe, Verlag Herbert Wichmann. 406 S..
- HUSS, J. (1989): Leitfaden für die Anfertigung von Diplomarbeiten und Dissertationen in der Forstwirtschaft und verwandten Fachgebieten. Frankfurt a. M., Verlag J. D. Sauerländer. 138 S..
- IMHOF, E. (1965): Kartographische Geländedarstellung. Berlin, Verlag Walter de Gruyter.
- JAEGER, D. (1989): Generelle Erschließungsplanung und ihre Realisierung am Beispiel des Stehbergkopfes im Forstamt Hardegsen, Forstbetriebsbezirk Goseplack. Diplomarbeit Göttingen, 152 S..
- JAEGER, D. (1995): Planung und Bewertung von Baumaßnahmen in der freien Landschaft unter Einsatz Geographischer Informationssysteme und computergestützter interaktiver Planungsmethoden (CAD) am Beispiel der integrierten Erschließungs- und Projektplanung von Waldwegen. Göttingen, Cuvillier, ISBN 3-89588-192-9.
- JAEGER, D. UND SCHULZ, R. (1993): Spezielle Fragen der Walderschließung. Seminarunterlagen des Instituts für Forstbenutzung. Göttingen.
- JOECKEL, R. UND STÖBER, M. (1989): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung. Stuttgart, Verlag Konrad Wittwer. 264 S..
- KETTLER, D. (1970): Die Erholungsnachfrage in stadtnahen Wäldern, dargelegt am Beispiel der Räume Stuttgart, Karlsruhe, Heidelberg und Mannheim (mit Ergänzungen bei Freiburg, Baden-Baden und im Schönbuch). Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, H. 27 1970,
- KLITZING, F. V. UND IRMEN, E. (1989): Digitale und geometrische Daten II. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung Bonn. Seminare Symposien Arbeitspapiere, Heft 35. 196 S..
- KOBAYASHI, H. (1977): A method of forest road route location with an electric computer. Bulletin of the Government Forest Experiment Station, No. 294, Tokyo, Japan, S. 137 – 181.
- KOLLER, R. (1989): CAD - Automatisiertes Zeichnen, Darstellen und Konstruieren. Berlin, Heidelberg, Verlag Springer.
- KRAMER, H. (1982): Nutzungsplanung in der Forsteinrichtung. Frankfurt a. M., Verlag J. D. Sauerländer, 128 S..
- KROTT, M., MAIER, R. (1991): Forststraßenbau in Ökozeiten. Schriftenreihe des Instituts für forstl. Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Universität für Bodenkultur Wien, 88 S..
- KUONEN, V. (1983 A): Wald und Güterstraßen. Pfaffhausen, Eigenverlag, 743 S..
- KUONEN, V. (1983 B): Computergestützte Projektausarbeitung. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 134(8), S. 607 - 619.
- KURATORIUM FÜR WASSER UND KULTURBAUWESEN E. V. UND DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT E. V. (1976): RLW 1975 - Richtlinien für den ländlichen Wegebau. Heft 103, Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey.
- LE NGOC QUY (1971): Aerophotogrammetrie in der Erschließungsplanung und im Waldstraßenbau - Die Übertragung der photogrammetrischen Verfahren in Projektierung und Bau von Straßen auf die Walderschließung. Dissertation Freiburg, 137 S..
- LEHR, R., PRASUHN, K.-B. (1990): Vermessungstechnik im Garten- und Landschaftsbau. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey. 138 S..

- LIN, K. AND SESSIONS, J. (1993): Preliminary Planning of Road Systems Using Digital Terrain Models. *Journal of Forest Engineering (USA)*, 4 (2), S. 27-32.
- LINKWITZ, K. (1979): Digitale Geländemodelle - Theoretische Grundlagen - Anwendungsmöglichkeiten. Holz als Rohstoff in der Weltwirtschaft. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaft - Angewandte Wissenschaft, 220, S. 222 - 242.
- LÖFFLER, H. (1973): Freizeitsportanlagen in und am Wald. *AFZ*, Nr. 13 1973, S. 290 – 292.
- LÖFFLER, H. (1974): Funktionen und Möglichkeiten der Walderschließung. *Der Forst- und Holzwirt*, Nr. 20 1974, S. 449 – 452.
- LÖFFLER, H. (1982): Walderschließung als Kulturaufgabe. *AFZ*, Nr. 37(1 + 2), S. 12-16.
- LOUIS, H.- W. (1990): Niedersächsisches Naturschutzgesetz, Kommentar. Band 1. Braunschweig, Schapen Edition, 393 S..
- MACCOBY, E. UND N. MACCOBY (1974): Das Interview. Ein Werkzeug der Sozialforschung. Praktische Sozialforschung 1. Das Interview. Formen, Technik, Auswertung. König, R. (Hrsg.) 9. Aufl., Köln – Berlin.
- MAHLER, G. (1988): Die Erschließungssituation in der Bundesrepublik Deutschland. Proceedings of IU-FRO- Workshop 1988, Schweiz „Accessibility of Mountain Forests“.
- MAST, A., (1991): Der Fahrradverkehr in deutschen Städten unter Kosten- und Sicherheitsaspekten. München 1991 (Eigenverlag).
- MEIERHOFER U. A., ZUMBERHAUS. M. (1992): Holzkonstruktionen im Wanderwegbau: Handbuch zur Optimierung von Planung, Bau und Betrieb. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Dokumentationsdienst BUWAL, 1992. - 110 S.: graph. Darst.; 30 cm, (Schriftenreihe Umwelt ; Nr. 153 : Fuß- und Wanderwege).
- MEIRER, K. (1991): Osttirol: Schutzwalderschließung zum Herzeigen. *Holzkurier* 46 (33), S. 3 - 5.
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN / NIEDERSACHSEN / (1994): Erholungseinrichtungen im Walde: Merkblattsammlung. 3. überarb. Aufl., Wolfenbüttel, Nieders. Forstplanungsamt, 1994. - [Losebl. Ausg.].
- MÖßMER, R., AMMER, U. (1977): Reiten in stadtnahen Wäldern: Modellplanung Forstenrieder Park München. Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt München, Nr. 35 1977, 65 S..
- MUHAR, A. (1992): EDV-Anwendungen in Landschaftsplanung und Freiraumgestaltung. Stuttgart, Verlag Ulmer. 248 S..
- NLF (NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG) (1981): Bestandesfeinerschließung und Schlagordnung. Merkblatt Nr. 3. Hannover. 21 S..
- NLV (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT - ABT. LANDESVERMESSUNG) (1992): Amtliches Topographisch - Kartographisches Informationssystem (ATKIS). Faltblatt. Hannover.
- NLV (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT) (1985): Erfassung der für den Naturschutz wertvollen Bereiche in Niedersachsen. Band 4.
- PESTAL, E. (1975): Projektierung von Forststraßen mittels Nullebene und Freihandpolygon. *Forstarchiv* 46 (9), S. 181 - 187.
- PFISTER, F., CANDRIAN, M., NAEF, F., ERNI, V. (1988): Erschließungsbedarf in den Gebirgswäldern der Schweiz.
- PIEST, K. H. (1974): Einflüsse auf Walderschließung und Wegegestaltung. *Forsttechnische Informationen* 29 (6 + 7), S. 44-47.
- PORTNER, C. (1996): Haftung für Unfälle auf Wanderwegen. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern, Dokumentationsdienst BUWAL, 1996. 192 S., graph. Darst., Kt. (Schriftenreihe Umwelt; Nr. 266: Wanderwege), Literaturverz. S. 176 - 178.
- RECHSTEINER, K. (1976): Forsttechnische Geländeklassifikation - Bisherige Untersuchungen und einige methodische Grundlagen. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins (57), S. 216 - 223.
- REICHE, W., FROITZHEIM, T. (1993): Handreichung zur Förderung des Fahrradtourismus. Hrsg. vom Allgemeinen Deutschen Fahrradclub. Bremen, 1993.

- RESSMANN, J. (1994): Die Eignung digitaler Geländemodelle für eine EDV- gestützte Wegdetailplanung. Diplomarbeit Wien, 116 S..
- REUTEBUCH, S. (1988): ROUTES: A computer program for preliminary route location. USDA Gen. Tech. Report. Portland, 18 S..
- RIB/RZB DATENVERARBEITUNG IM BAUWESEN GMBH (1991): STRATIS- Straßenentwurf. (Programmbeschreibung).
- RIB/RZB DATENVERARBEITUNG IM BAUWESEN GMBH (1991): STRATIS- Straßen- und Tiefbausystem. (Bedienerhandbuch).
- RICHARDSON, S. A., B. S. DOHRENWEND UND D. KLEIN (1965): Interviewing. Its Forms and Functions. New York.
- RUPPERT, K. (1960): Der Stadtwald als Wirtschafts- u. Erholungswald. München u.a., BLV-Verl.ges., 1960, 174 S..
- SACHS, W. (1968): Wegedichte und Erschließungsprozent. Der Forst- und Holzwirt, 1968, Nr. 1, S. 6 – 7.
- SCHAUER, J. (1986): Das geographische Informationssystem ARC/INFO®. Digitale Technologie in der Kartographie. Wiener Symposium 1986. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 1, S. 218 - 227.
- SCHEUCH, E. (1973): Das Interview in der Sozialforschung. Handbuch der empirischen Sozialforschung. Bd. 2 Grundlegende Methoden und Techniken, 1 Teil -tb- König, R. (Hrsg.), Stuttgart.
- SCHLAGHAMERSKY, A. (1985): Wegebau 2. Teil. Skript der FH Hildesheim/Holzwinden, Fachbereich Forstwirtschaft, Göttingen.
- SCHLOTTERER, D. (1977): Optimale Planung im Waldwegebau: Kosten- Nutzen- Vergleich für unterschiedliche Planungsintensitäten. Diplomarbeit Freiburg, 56 S..
- SCHMITT, M. N. (1981): Das Recht der Wanderwege. - Köln [u.a.], Heymann, 1981. - XLI, 122 S. (Erlanger juristische Abhandlungen; 30) Zugl.: Erlangen, Nürnberg, Univ., Diss. 3-452-19023-4.
- SCHNELL, R., E. ESSER UND P. B. HILL (1988): Methoden der empirischen Sozialforschung. München.
- SEGEBADEN, G. V. (1964): Study of Cross- Country Transport Distances and Road Net Extension. Stockholm. Studia Suecica 18, 65 S..
- SHIBA, M. (1990): Computer application for environmental impact evaluation in the opening-up planning process. Voluntary Paper of IUFRO XIX. World Congress, 5 3.04 Subject Area, Montreal, Canada.
- SHIBA, M. (1992): Optimisation of road layout in opening up of forests. In: Proceedings, Computer Supported Planning of Roads and Harvesting Workshop. IUFRO- Proceedings, Subject Groups, 3.05 and 3.06, S. 1 - 13.
- SHIBA, M., ZIESAK, M., LÖFFLER, H. (1990): Der Einsatz moderner Informationstechnologie bei der forstlichen Erschließungsplanung. Forstarchiv 61(1), S. 16 - 21.
- SMALTSCHINSKI, T., BECKER, G., HENTSCHEL, S. (1999): Aufbau und Nutzung eines GIS-gestützten Wegeinformationssystems in Thüringen. AFZ, Nr. 3 1999, S. 115 – 116.
- SPORS, H.-J. (1995): Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten eines raumbezogenen Forstlichen Informationssystems am Beispiel des niedersächsischen Staatlichen Forstamtes Reinhausen. Dissertation Göttingen. 156 S..
- SPORS, H.-J., STOCK, R., BLAUBERG, K. (1990): Einführung in das geographische Informationssystem ARC/INFO®. Anleitung zum ARC/INFO®- Studienkurs der Abteilung für Forstliche Biometrie und Informatik der Universität Göttingen.
- SPORS, H.-J., STOCK, R., SLOBODA, B. (1992): Räumliche Informationssysteme als Entscheidungsbasis für die forstliche Praxis. Forstarchiv 63 (1), S. 33 - 39.
- STADTFORSTAMT GÖTTINGEN (1995 - 1997): Jahresberichte.
- TAN, J. (1992): Planning a Forest Road Network by a Spatial Data Handling - Network Routing System. Acta Forestalia Fennica, S. 227 ff..
- TOY, J. (1995): Segregation or Integration: How much should cyclists be catered for separately from every other form of traveller ? in: Proceedings of the 8th VELO-CITY Conference. Basel, 26-30 September 1995, S. 393-396.

- TRÄNKNER, H., SIEDE, W. (1989): Das Forstliche Informationssystem FIS. AFZ München, 44 (40 + 41), S. 1086 - 1089.
- TUCEK, J., KERN, J. (1992): The use of digital mode of the terrain for the routing of wood deliveries and the allocation of industrial log depots. Lesn. Cas. Forestry Journal, Zvolen, 38 (4), S. 349 - 363.
- V. JANOWSKY, D. (1998): Klassifizierung von Wegen anhand der Belastungsintensität zur Senkung der Instandhaltungskosten innerhalb eines optimierten Wegenetzes am Beispiel Revier Stockmatt im Forstamt Kandern. Diplomarbeit Freiburg.
- VOLK, H. (1973): Forstliche Erholungsplanung in Baden-Württemberg bis 1980 und ihre Beziehungen zu Raumordnung, Fremdenverkehr und Agrarstruktur. AFZ, Nr. 13 1973, S. 258 – 262.
- VOLK, H. (1978): Wie oft und von wem werden Waldsportpfade benutzt ? AFZ, Nr. 25 1978, S. 719 – 721.
- VOLK, H. (1989): Der Schönbuch und seine Waldbesucher. Ergebnisse der Erholungswaldstudie 1988. AFZ, H. 51-52 1989, S. 1378 - 1382.
- VOLK, H. (1992) Neue Entwicklungen bei der Walderholung in Südwestdeutschland. Forstw. Cbl. III 1992, S. 282 - 292.
- WALKER, H D., LOUGHEED, W. H. (1989): Road Network Designs in Wood Supply Analysis. The Forestry Chronicle (British Columbia), 65 (6), S. 431 - 440.
- WASHAUSEN, M. (1992): Digitale Geländemodelle (DGM) in Niedersachsen - Qualität, Aufbau, Nutzung -. Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, 42 (3), S. 177 - 203.
- WEGEBAUSTÜTZPUNKT (1993): Jahresbericht, Wegebaustützpunkt Braunschweig, Forstwirtschaftsjahr 1992. Riefensbeck. 43 S..
- WEIDENBACH, P. (1971): Naherholungsgebiet Schönbuch. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Bad.-Württ., Bd. 34 1971, Stuttgart.
- WOCHER, S. A. (1983): Reiten im Wald. Aus: Recht der Landwirtschaft, 35, S. 169-171.
- WÜTHRICH, W. (1988): Die Geländekartierung als Planungsgrundlage für die Erschließung. Proceedings of IUFRO- Workshop 1988, Wallis, Schweiz, „Accessibility of Mountain Forests“.
- WÜTHRICH, W. (1992): Die Feinerschließung von Waldbeständen - Planung, Anlage und Benutzung. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 332, Birmersdorf (Schweiz). 91 S..
- YOUNG, G. G. (1979): Die Anwendung digitaler Geländemodelle in der forstlichen Betriebsplanung. In: Holz als Rohstoff in der Weltwirtschaft. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Landwirtschaft - Angewandte Wissenschaft 220, S. 273 - 306.
- ZÖLITZ, R. (1989): Integrierte Umweltbeobachtung in Schleswig-Holstein. Aufgaben eines Geographischen Informationssystems in der angewandten Geoökologie. GIS, 2 (3), S. 19 - 25.
- ZUNDEL, R. (1990): Rechtliche Aspekte des Waldwegebaus. AFZ, München, Nr. 45 (46 + 47), S. 1182 – 1184.

## 7 ANHANG

<b>Anhang 1:</b>	Auszug aus der im GIS integrierten Datentabelle „Forsteinrichtung“.....	I
<b>Anhang 2:</b>	Absolute und relative Abweichungen der GIS- Abteilungsgrößen von den Angaben der Forsteinrichtung .....	II
<b>Anhang 3:</b>	Grafische Darstellung des im GIS integrierten Abteilungsnetzes .....	III
<b>Anhang 4:</b>	Grafische Darstellung des im GIS integrierten Wegenetzes .....	IV
<b>Anhang 5:</b>	Zusammenstellung der Literaturangaben .....	V
<b>Anhang 6:</b>	Zusammenstellung der Befragungsergebnisse.....	VI
<b>Anhang 7:</b>	Beispiel einer schriftlichen Vorinformation .....	VII
<b>Anhang 8:</b>	Grundkonzeption des Leitfadens für die Experteninterviews.....	VIII
<b>Anhang 9:</b>	Beispiel eines Flugblattes mit Verhaltensregeln für Radfahrer.....	XI
<b>Anhang 10:</b>	Beispiel eines Merkblattes mit Verhaltensregeln für Mountainbike - Fahrer .....	XII
<b>Anhang 11:</b>	Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{BACKMUND}$ ).....	XIII
<b>Anhang 12:</b>	Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{TECHNISCH}$ ).....	XIV
<b>Anhang 13:</b>	Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{HESSEN}$ ).....	XV
<b>Anhang 14:</b>	REm im Theoretischen Modell.....	XVI
<b>Anhang 15:</b>	Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{BACKMUND}$ ).....	XVII
<b>Anhang 16:</b>	Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{TECHNISCH}$ ).....	XVIII
<b>Anhang 17:</b>	Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{HESSEN}$ ).....	XIX
<b>Anhang 18:</b>	REm im Realkonzept.....	XX
<b>Anhang 19:</b>	Zusammenstellung der Erschließungskennziffern .....	XXI

**Anmerkung:** Die wichtigsten Inhalte der GIS- Datenbasis liegen in Form von „ArcView“-Projekten (\*.apr) als digitaler Datensatz auf CD ROM vor und können beim Verfasser angefordert werden.

Anhang 1: Auszug aus der im GIS integrierten Datentabelle „Forsteinrichtung“

ABT	BE	ZE	S	BA	BAUMART	ALTER	EKL	BG	V_HA	V_GES	Z_HA	Z_GES	FLAECHE_HA	MS	SS	RF	RS	NA	AE	J	L	N_HA	N_GES	VJ	BZT	BA1	FLAECHE
1	1	1		20	Buche	129	7	7	281,00000	4681,00000	6,00000	103,00000	16,66000					3				62,00000	1033,00000	1	23	20	11,48000
1	1	2		31	Esche	129	6	7	360,00000	410,00000	1,00000	1,00000	1,14000					3				18,00000	21,00000			31	5,74000
1	1	3		32	Bergahorn	129	7	7	416,00000	316,00000	6,00000	5,00000	0,76000					3				22,00000	17,00000			32	1,91000
1	1	4		33	Spitzahorn	129	7	7	424,00000	157,00000	6,00000	2,00000	0,37000														
1	1	5		37	Sommerlinde	129	6	7	410,00000	82,00000	5,00000	1,00000	0,20000														
1	1	6	Nachwuchs	31	Esche	10	6	8					13,00000							1	1						
1	1	7	Nachwuchs	20	Buche	15	7	8					0,80000							1	1						
2 - 1	1	1		20	Buche	119	8	10	425,00000	4637,00000	8,00000	89,00000	10,91000					3				93,00000	1015,00000	1	23	20	6,89000
2 - 1	1	2		31	Esche	119	7	10	386,00000	220,00000	2,00000	1,00000	0,57000					3				119,00000	68,00000			31	3,44000
2																										32	1,15000
2 - 2	2	4		80	Fichte	44	9	10	185,00000	250,00000	12,00000	16,00000	1,35000					1				50,00000	68,00000				
2 - 2	2	5		31	Esche	44	5	10	132,00000	36,00000	7,00000	2,00000	0,27000					1				40,00000	11,00000				
2 - 2	2	6		20	Buche	44	8	10	89,00000	16,00000	7,00000	1,00000	0,18000					1				55,00000	10,00000				
3	1	1		20	Buche	94	7	11	334,00000	5561,00000	9,00000	145,00000	16,65000					3				105,00000	1748,00000				
3	1	2		31	Esche	94	6	11	347,00000	642,00000	3,00000	6,00000	1,85000					3				30,00000	56,00000				
4	1	1		20	Buche	89	8	11	355,00000	4668,00000	10,00000	133,00000	13,15000					3				105,00000	1381,00000				
4	1	2		31	Esche	89	6	11	338,00000	409,00000	3,00000	4,00000	1,21000					3				25,00000	30,00000				
4	1	3		25	Bergulme	89	6	11	272,00000	207,00000	8,00000	6,00000	0,76000					3				15,00000	11,00000				
5	1	1		20	Buche	69	9	11	293,00000	2725,00000	11,00000	106,00000	9,30000					1				95,00000	884,00000				
5	1	2		31	Esche	69	5	11	249,00000	712,00000	4,00000	12,00000	2,86000					1				45,00000	129,00000				
5	1	3		80	Fichte	69	12	11	546,00000	393,00000	13,00000	9,00000	0,72000			7		3				45,00000	32,00000				
5	1	4		21	Hainbuche	69	7	11	215,00000	305,00000	9,00000	13,00000	1,42000					1				30,00000	43,00000				
6	1	1		20	Buche	129	7	10	401,00000	3633,00000	7,00000	63,00000	9,06000					3				65,00000	589,00000	1	23	20	5,51000
6	1	2		31	Esche	129	5	10	302,00000	166,00000	1,00000	1,00000	0,55000					3				31,00000	17,00000			31	3,30000
6	1	3		33	Spitzahorn	129	6	10	262,00000	199,00000	6,00000	5,00000	0,76000					3				29,00000	22,00000			32	1,10000
6	1	4		32	Bergahorn	129	6	10	298,00000	161,00000	6,00000	3,00000	0,54000					3				7,00000	4,00000			33	1,10000
6	1	5		25	Bergulme	129	6	10	600,00000	60,00000	6,00000	1,00000	0,10000					3				13,00000	1,00000				
6	1	6	Unterstand	20	Buche	129	3	2	43,00000	430,00000	1,00000	12,00000	10,00000														
7 a 1	1	1		20	Buche	104	7	4	135,00000	347,00000	5,00000	13,00000	2,57000					3				48,00000	123,00000	2	23	20	1,69000
7 a 1	1	2	Nachwuchs	31	Esche	15	6	10	2,00000	4,00000	2,00000	4,00000	1,80000							1	1					31	0,73000
7 a 1	1	3	Nachwuchs	20	Buche	15	7	10					0,77000							1	1						
7 a 2	2	5		20	Buche	104	7	8	270,00000	556,00000	7,00000	15,00000	2,06000					3				46,00000	95,00000				
7 a 2	2	6		31	Esche	104	6	8	264,00000	95,00000	2,00000	1,00000	0,36000					3				41,00000	15,00000				
7 a 3	3	8		31	Esche	34	6	10	111,00000	133,00000	8,00000	10,00000	1,20000					1				40,00000	48,00000				
7 a 3	3	9		20	Buche	44	7	10	66,00000	26,00000	6,00000	2,00000	0,40000					1				35,00000	14,00000				
7 a 3	3	10		80	Fichte	39	11	10	207,00000	83,00000	13,00000	5,00000	0,40000			4		1				65,00000	26,00000				
7 b	1	1		31	Esche	20	5	10	14,00000	79,00000	1,00000	8,00000	5,61000							1	1						
7 b	1	2		20	Buche	25	7	10					1,87000							1	1						
7 b	1	3		20	Buche	49	7	10	92,00000	202,00000	6,00000	13,00000	2,20000					1				70,00000	154,00000				
7 b	1	4	Ueberhalt	20	Buche	134	7			140,00000								3					14,00000				

**Anhang 2:** Absolute und relative Abweichungen der GIS- Abteilungsgrößen von den Angaben der Forsteinrichtung

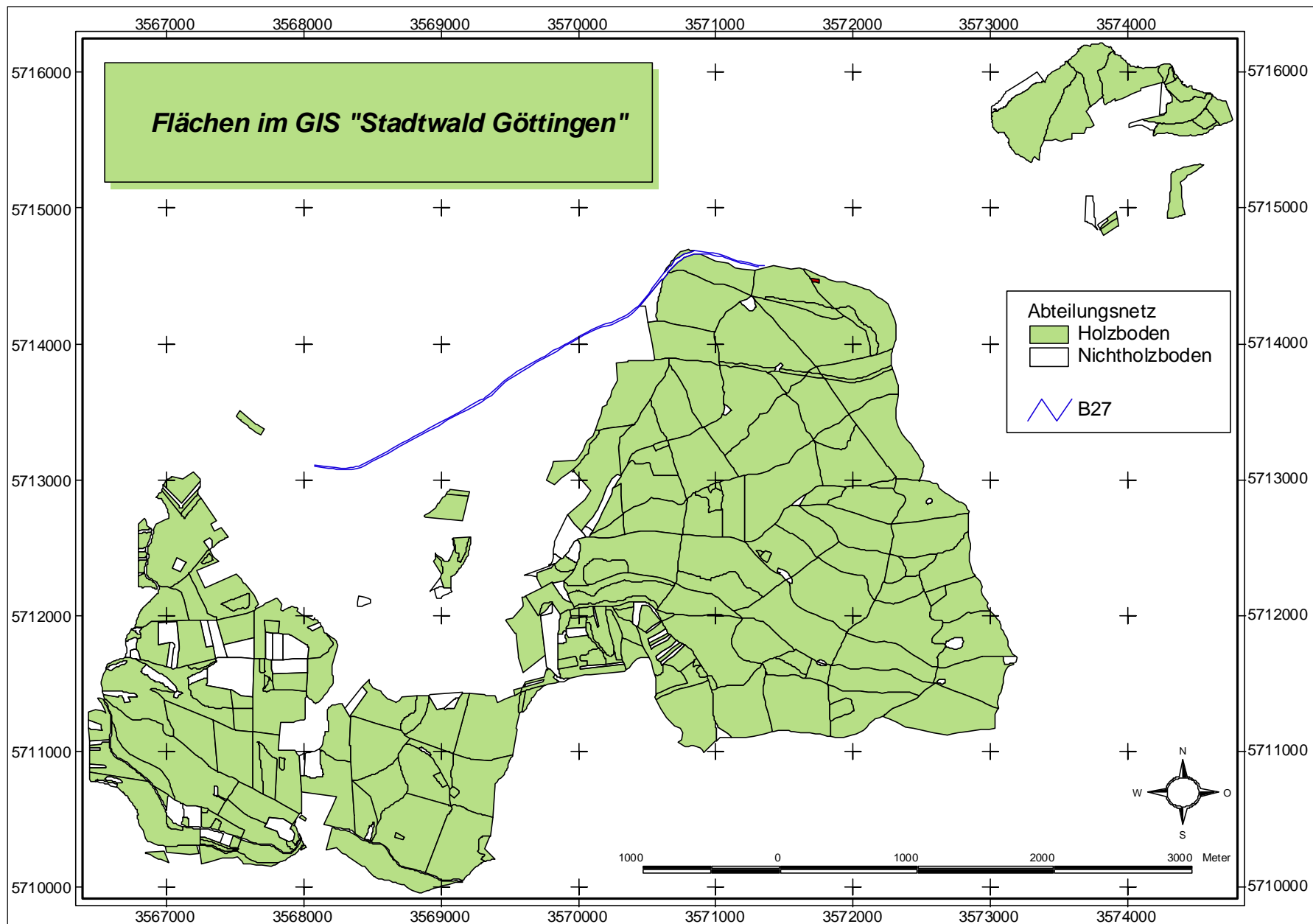
Abt.- Nr.	Fläche GIS [ha]	Fläche FE [ha]	Differenz [ha]	Differenz [%]
1	18,95	19,13	-0,18	-0,9
2	13,67	13,28	0,39	2,9
3	18,50	18,50	0,00	0,0
4	15,11	15,12	-0,01	-0,1
5	14,66	14,30	0,36	2,5
6	11,05	11,01	0,04	0,4
7	16,58	16,67	-0,09	-0,5
8	21,21	21,13	0,08	0,4
9	8,07	7,84	0,23	2,9
10	14,33	14,26	0,07	0,5
11	12,51	12,03	0,48	3,8
12	13,45	13,18	0,27	2,0
13	20,46	19,99	0,47	2,3
14	28,49	28,35	0,14	0,5
15	24,24	23,80	0,44	1,8
16	14,88	14,29	0,59	4,0
17	10,08	10,08	0,00	0,0
18	19,92	19,65	0,27	1,4
19	20,75	20,55	0,20	1,0
20	11,11	10,78	0,33	3,0
21	9,05	8,99	0,06	0,7
22	9,50	9,20	0,30	3,2
23	9,88	9,93	-0,05	-0,5
24	8,66	8,53	0,13	1,5
25	13,29	13,05	0,24	1,8
26	12,39	12,27	0,12	1,0
27	11,57	11,34	0,23	2,0
28	13,90	13,55	0,35	2,5
29	16,61	16,18	0,43	2,6

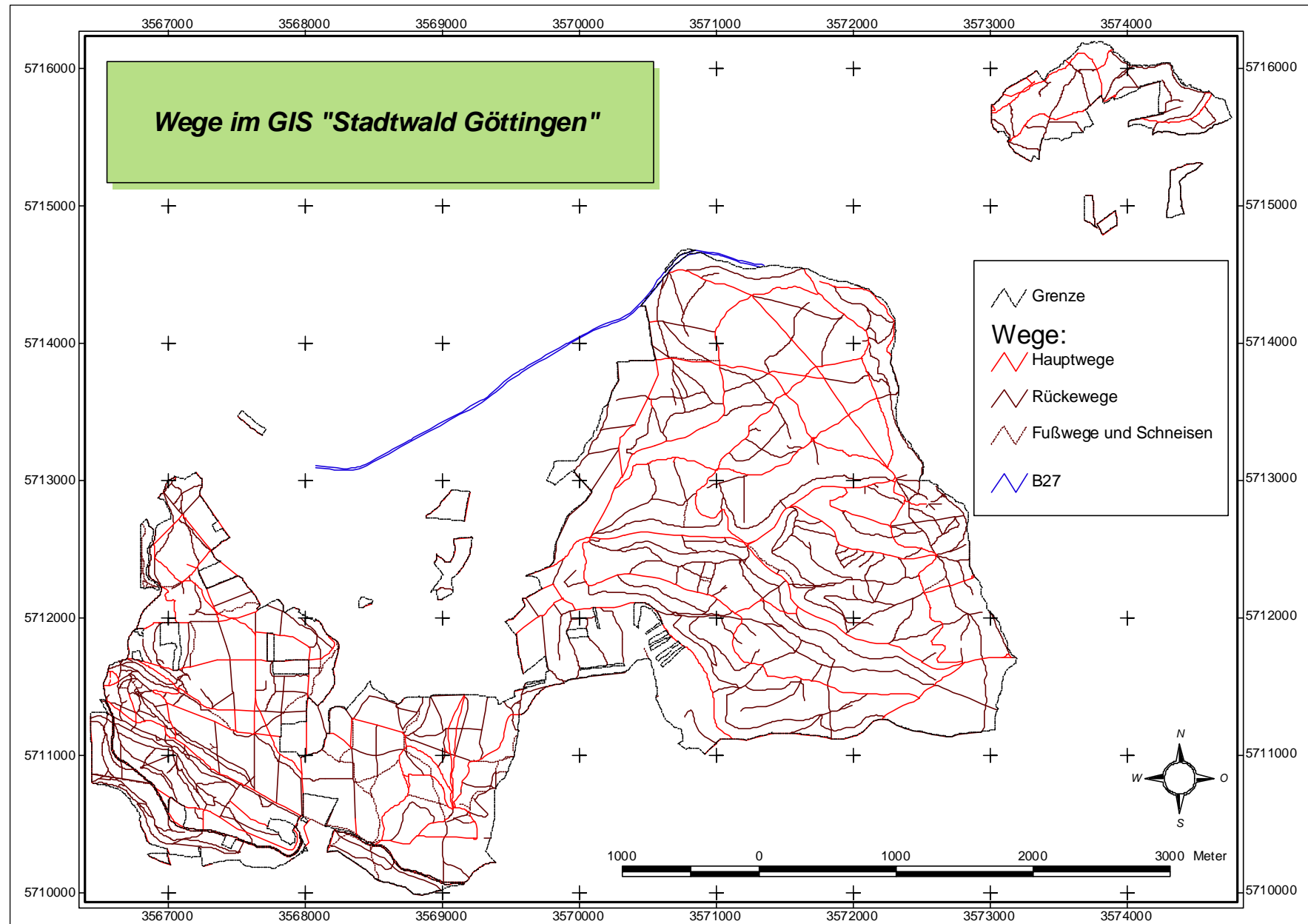
Abt.- Nr.	Fläche GIS [ha]	Fläche FE [ha]	Differenz [ha]	Differenz [%]
30	19,39	18,82	0,57	2,9
31	21,55	21,37	0,18	0,8
32	16,38	16,27	0,11	0,7
33	11,70	11,58	0,12	1,0
34	15,94	15,56	0,38	2,4
35	12,05	11,80	0,25	2,1
37	14,61	14,03	0,58	4,0
38	19,73	19,16	0,57	2,9
39	19,46	18,80	0,66	3,4
40	23,97	23,90	0,07	0,3
41	25,32	25,37	-0,05	-0,2
42	20,96	20,98	-0,02	-0,1
43	25,93	25,62	0,31	1,2
44	12,06	12,20	-0,14	-1,2
45	19,20	18,82	0,38	2,0
46	16,20	15,57	0,63	3,9
47	13,47	12,87	0,60	4,5
48	9,23	9,31	-0,08	-0,9
53	13,79	13,45	0,34	2,5
54	17,80	17,50	0,30	1,7
55	20,55	19,65	0,90	4,4
56	13,06	12,77	0,29	2,2
57	12,06	11,98	0,08	0,6
58	13,53	13,05	0,48	3,5
59	13,91	13,08	0,83	5,9
60	13,34	12,95	0,39	2,9
61	6,90	6,72	0,18	2,6
62	18,49	17,90	0,59	3,2
63	10,06	9,74	0,32	3,1

Abt.- Nr.	Fläche GIS [ha]	Fläche FE [ha]	Differenz [ha]	Differenz [%]
64	11,39	11,26	0,13	1,2
65	23,47	23,02	0,45	1,9
66	36,86	35,35	1,51	4,1
70	24,71	24,11	0,60	2,4
71	20,12	21,04	-0,92	-4,6
72	41,58	41,03	0,55	1,3
73	15,43	14,41	1,02	6,6
74	10,17	9,42	0,75	7,4
75	9,77	9,23	0,54	5,5
76	15,12	14,08	1,04	6,9
77	6,14	6,23	-0,09	-1,5
78	16,74	16,03	0,71	4,2
79	18,47	17,18	1,29	7,0
80	17,90	17,35	0,55	3,1
81	12,30	12,03	0,27	2,2
82	22,86	20,70	2,16	9,5
83	28,99	27,98	1,01	3,5
86	15,38	15,24	0,14	0,9
87	5,06	5,24	-0,18	-3,6
88	7,00	7,01	-0,01	-0,2
89	9,22	9,07	0,15	1,6
90	9,73	9,52	0,21	2,2
91	7,44	7,08	0,36	4,8
92	9,96	9,75	0,21	2,1
93	19,94	19,46	0,48	2,4
96	10,02	10,25	-0,23	-2,3



## Anhang 3: Grafische Darstellung des im GIS integrierten Abteilungsnetzes



**Anhang 4:** Grafische Darstellung des im GIS integrierten Wegenetzes

## Anhang 5: Zusammenstellung der Literaturangaben

	Wanderwege	Waldsportpfade / Lehrpfade	Reitwege	Radwege
<b>1. Wegedichte, Nutzungs- intensität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rund- und Zielwanderwege bis ca. 10 km</li> <li>• Anlage von Wanderwegen bei starkem Besucherverkehr, zur Verbindung von vorhandenen Wegen, Schließen von Rundwanderwegen, Zubringer zu Park- und Aussichtsplätzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 - 4 km lang, (ideal 2 - 3 km)</li> <li>• Lehrpfade ca. 2 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 – 20 km Länge (100 lfm ausgebaute Reitstrecke pro Pferd)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kreisübergreifend und regional auf Kreis- bzw. Gemeindeebene</li> </ul>
<b>2. Wege- qualität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• befestigt, Breite: 2 Personen nebeneinander (mind. 2 m, maschinelle Pflege ab 3 m), Wandersteige nicht unter 0,8 m</li> <li>• Deckschicht feineres Naturmaterial (Größtkorn 15 mm), sonstige Befestigungen 0 – 30 mm (Splitt, Kies, Sand usw.), keine Hartbeläge</li> <li>• Wasserableitung durch ausreichendes Querprofil, Querabschläge</li> <li>• Neigung 10% (Ausnahme 15%)</li> <li>• Linienführung: landschaftlich reizvoll, abwechslungsreich, interessant, sich schlängelnd (z.B. Höhenrücken, Hangkanten, Wald/ Feldgrenzen, Wiesentälchen usw.)</li> <li>• Meiden empfindlicher Biotope, Schutz- und Ruhebereiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestbreite 1,50 m</li> <li>• stets als Rundweg, ohne eintönige Geraden und scharfe Knicke</li> <li>• WSP: abwechslungsreich und variierbar bezüglich Länge und Steigungen (evtl. Waldrandzonen)</li> <li>• leicht erreichbar vom öffentlichen Verkehrsnetz</li> <li>• Meiden natürlicher Gefahrenquellen, Zonen hoher Lärmbelastung sowie große, unübersichtliche Dickungen</li> <li>• Linienführung geschlängelt und übersichtlich</li> <li>• wetterfeste Pfadoberfläche oder natürlicher Waldboden (Sand oder mäßige Rohhumusauflage, wo nötig: Kies, Splitt oder Grus) – Lehrpfade befestigt (mit Kinderwagen begehbar, eben)</li> <li>• Wasserableitung durch ausreichendes Quergefälle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breite: 2,50 – 3 m</li> <li>• elastische aber trittfeste und flachgründige Oberfläche, evtl. Trag- und Tretschicht (Sand Stärke 14 cm, Breite 2 m)</li> <li>• weiches Material, erosionsfest, nicht staubend (mittlere bis grobe Sande, kornabgestuftes Material)</li> <li>• Ergänzungsabschnitte als nicht ausgebaute Reitwege</li> <li>• ungünstig: Stubben, Wurzelschlingen, grobe Steine, längere Teilstrecken, steinige, bindige, nasse Böden, Geröllflächen, Sumpf</li> <li>• intakte Wasserableitung</li> <li>• Beschilderung</li> <li>• Linienführung: Wechsel von breiteren, leicht ansteigenden Galoppstrecken (bis 1 km) mit schmalen Abschnitten unregelmäßigen Verlaufs (Mindestbreite 1 m), unauffällige Einbindung in das Landschaftsbild</li> <li>• kurze Steilhänge, flache Furten wo möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestbreite 1,4 m</li> <li>• autofrei, durchgängig, ganzjährig befahrbar, ausreichend breit, geschützt gegen Mißbrauch durch Kfz und Reiter</li> <li>• befestigte Waldwege</li> <li>• Ausschilderung besonders attraktiver Strecken</li> </ul>
<b>3. Überlage- rungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doppelfunktion als Wirtschafts- und Spazierweg</li> <li>• reine Fußwege nicht für Holzrückung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benutzung forstlicher Nebenwege (keine Hauptwege)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung der Reiter auf Reitwege (und freigegebene Fahrwege)</li> <li>• deutlich von Spazier- und Radwegen abgesetzt</li> <li>• Rückewege, Schneisen, Abteilungslinien wo möglich nutzen</li> <li>• Anbindung an Reiterhöfe und Parkplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konflikte zwischen Radfahrern und Wanderern</li> <li>• Geschwindigkeit, Rücksichtslosigkeit</li> <li>• Trennung von Interessen</li> <li>• Ausschilderung</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit</li> </ul>
<b>4. Sonstiges</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrument der Besucherlenkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlage von Waldsportpfaden nur nach sorgfältiger Bedarfsanalyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfertigen von Reitwegekarten</li> </ul>	

## Anhang 6: Zusammenstellung der Befragungsergebnisse

	Forstamt 1	Forstamt 2	Jäger	Jogger / Sport- u. Bäderamt	Reitverein	Verschönerungsverein	ADFC	MTB
<b>1. Wegedichte, Nutzungs- intensität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32.000 km aller Mitarbeiter pro Jahr</li> <li>• Nutzung täglich bzw. mehrmals wöchentlich</li> <li>• keine Lieblingsstrecken</li> <li>• überhöhtes Angebot</li> <li>• Karte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tägliche Nutzung in Dienst u. Freizeit</li> <li>• Kfz, Fahrrad, zu Fuß</li> <li>• überhöhtes Angebot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• täglich bis mehrmals wöchentlich (Jagdsaison), Kfz und zu Fuß</li> <li>• Angebot an Wegen ist völlig hinreichend bis überhöht</li> <li>• in Spitzenzeiten unzureichendes Parkplatzangebot (Kehr)</li> <li>• Lieblingsstrecken s. Protokoll und Karte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• regelmäßig joggen, mehrmals wöchentlich</li> <li>• ausreichendes Angebot</li> <li>• Auflassung von Wegeabschnitten wird nicht als unbedingt negativ empfunden (genügend Alternativen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angebot ausreichend</li> <li>• deutlicher Unterschied: organisierte - nichtorganisierte Reiter</li> <li>• ca. ¼ aller Aktivitäten auf FoA- Wegen</li> <li>• 6 Tage Anlage, 1 Tag Ausritt (Wetter, Jahreszeit)</li> <li>• 1 Ausritt ca. 7 – 9 km</li> <li>• Protokoll und Karte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• starke Nutzung des Stadtwaldes (vorwiegend Hainberg)</li> <li>• wöchentlich</li> <li>• ausreichendes Angebot</li> <li>• Lieblingsstrecken s. Protokoll</li> <li>• Wegelänge ist altersgruppenabhängig bis 5 km, Sitzbänke alle 1 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• soweit Radtouren den Stadtwald tangieren - Angebot ausreichend</li> <li>• Touren von 20 - 150 km (Ø 60 km) – übersteigt Kapazität des FoA</li> <li>• Routen s. Protokoll und Anlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einmal wöchentlich Gruppentraining</li> <li>• zusätzliche Einheiten individuell oder in kleineren Gruppen</li> <li>• Gesamtangebot im Raum GÖ ist optimal</li> <li>• Touren von 30 - 70 km (Ø 40 – 50 km) übersteigen die alleinige Kapazität des Stadtwaldes (Streckenlänge u. Variationen) - Teilstrecken führen durch den Stadtwald</li> <li>• Beispiele s. Protokoll</li> </ul>
<b>2. Wege- qualität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langholz-LKW- und PKW- geeignet</li> <li>• forstlicher Standard (2% - 10%, 3.50 m breit)</li> <li>• kurz, geradlinig, ökonomisch</li> <li>• keine Ausschilderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschränkter Basaleinsatz – dafür ortsnahe Kalkmaterial</li> <li>• "Pöma-Prinzip" der Unterhaltung (Auffräsen - Profilieren - Verdichten)</li> <li>• Längsneigung bis 8%, 3 - 3.50 m breit</li> <li>• Einbindung natürlicher Attraktivitäten</li> <li>• Holzschilder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• guter Allgemeinzustand</li> <li>• bindemittelfreie Oberflächen bevorzugt</li> <li>• Längsneigung problemlos</li> <li>• Wegebreite eher zu breit</li> <li>• gegenwärtige Ausschilderung von Wanderwegen ist gut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• befestigte Wege ohne Asphalt bevorzugt</li> <li>• Längsneigung problemlos</li> <li>• schmale, ca. 1 m breite Pfade, Forstraßen werden akzeptiert</li> <li>• landschaftlich reizvoll, sich schlängelnd, nicht durch Unterholz</li> <li>• Ausschilderung nicht notwendig (joggen in kleinen Gruppen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keinesfalls Asphalt, griffiger Untergrund, elastische Oberfläche</li> <li>• geschotterte Wege mit hohem Feinkornanteil</li> <li>• Längsneigung problemlos</li> <li>• Mindestbreite ca. 1.50 m (2 Pferde)</li> <li>• schmalere Abschnitte und Holzabfuhrwege werden akzeptiert</li> <li>• Ausschilderung ja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandern auf FoWi- Wegen wenig attraktiv</li> <li>• naturbelassen, kein Asphalt, sondern geschottert</li> <li>• möglichst eben, keine übermäßige Querneigung</li> <li>• 3 Wanderer nebeneinander</li> <li>• schlängelnd, attraktive Landschaft, Kulturdenkmäler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung land- u. foWi- Wege, asphaltiert und geschottert</li> <li>• gut unterhalten, trocken, schlammfrei</li> <li>• eben, vereinzelt Steigungen (kurz u. steil)</li> <li>• Breite von FoWi- Wegen</li> <li>• Aussichten, Sehenswürdigkeiten</li> <li>• Ausschilderung ja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technisch anspruchsvolle Trials und Ausdauerstrecken (viele Höhenmeter)</li> <li>• Zustand optimal für Kondition, weniger für Technik, viel Wald - sehr gut</li> <li>• unbefestigte Wanderwege und -pfade</li> <li>• Basaltschotter bevorzugt, Kalk weicht auf, Hartbeläge abgelehnt</li> <li>• Erhaltungszustand hat keine Bedeutung, auf kurzen Abschnitten wird weicher Untergrund akzeptiert (Wiesen vermeiden)</li> <li>• längere Steigungen bis ca. 15%, häufiger Neigungswechsel, wenig Flachstrecken</li> <li>• Steilpartien bevorzugt bergab</li> <li>• Gruppentouren: Breite von FoWi- Wegen, individuell: schmaler</li> <li>• schlängelnd, landschaftlich reizvoll</li> <li>• Querneigung gering</li> <li>• Ausschilderung nicht notwendig (Karten)</li> </ul>
<b>3. Überlagerungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei nicht überhöhter Intensität ist die gemeinsame Nutzung der Fahrwege durch alle Interessenten möglich.</li> <li>• Probleme evtl. durch Reiter (Übernutzung)</li> <li>• MTB/Radler bei zu hoher Geschwindigkeit</li> <li>• Geschwindigkeitsregelungen</li> <li>• Sperren von Wegen</li> <li>• Reiter in die Bankettbereiche</li> <li>• positive Ausschilderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdrängungswettbewerb Reiter vs. Wanderer/Spaziergänger</li> <li>• teilw. Ablehnung der wirtschaftlichen Nutzung durch Bevölkerung</li> <li>• Probleme wenn Reiter Reitwege verlassen</li> <li>• Reiter vs. Forstbetrieb (Pferde scheuen vor Maschinen)</li> <li>• MTB auf Gefällsstrecken (hohe Geschwindigkeit, Fahrspuren, Schreckgefahr)</li> <li>• Holzeinschlag vs. Wegebau</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>• Entflechtung</li> <li>• Beschilderung</li> <li>• Zusammenarbeit mit allen Nutzergruppen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine direkten Probleme mit anderen Nutzern durch „Konfliktvermeidung“ - geringe Akzeptanz der Jagd in der Bevölkerung</li> <li>• Reiter beim Verlassen der Reitwege</li> <li>• Spaziergänger mit unangeleiteten Hunden</li> <li>• MTB (zu schnell) – ältere Spaziergänger (Wohnstift Geismar)</li> <li>• Toleranz</li> <li>• Argumentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeinsames Auskommen aller Gruppen bei individueller Nutzung (normale Intensität)</li> <li>• Trennung der Nutzerinteressen (z.B. separate Wege für Reiter und Jogger)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeinsames Auskommen aller Gruppen bei gegenseitiger Rücksichtnahme möglich</li> <li>• Schrecksituationen bei schnellen MTB</li> <li>• Schulungen der Vereinsmitglieder</li> <li>• Reglementierungen</li> <li>• Festlegen bestimmter Gebiete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme mit MTB und Reiter</li> <li>• Wegetrennung</li> <li>• Ausweisung von Reit- und Radwegen und Bindung der Nutzer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeinsames Auskommen aller Gruppen bei gegenseitiger Rücksichtnahme möglich</li> <li>• Radler bei plötzlichem, unerwartetem Treffen mit Fußgängern</li> <li>• Wegzerstörung durch Pferde (Übernutzung)</li> <li>• angemessene Wegbreite</li> <li>• Ausschilderung</li> <li>• gegenseitige Rücksichtnahme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeinsames Auskommen aller Gruppen bei gegenseitiger Rücksichtnahme möglich</li> <li>• Konfliktpotential bei überhöhter Besucherintensität - deshalb weiträumiges Umfahren von Besucherzentren (Kehr)</li> <li>• hohe Geschwindigkeiten, geringer Abstand beim Überholen, zu spätes Bemerkens</li> <li>• Bremsen und Bemerkbarmachen, Distanz beim Überholen</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit s. auch Anlage (Flugblatt)</li> <li>• räumliche Trennung wird nicht für notwendig angesehen, da von MTB häufig frequentierte Gebiete von anderen Besuchern nur gering genutzt werden</li> </ul>
<b>4. Sonstiges</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich: Stadt</li> <li>• hohe Nutzungsintensität durch verschiedene Nutzergruppen führt zu zunehmender Wegbreite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich: StadtFoA</li> <li>• ständig steigender Besucherdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich: Stadt (FoA, evtl. Grünflächenamt)</li> <li>• Kostenbeteiligung d. Schadensverursacher denkbar, aber schwer realisierbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich ist die Stadt</li> <li>• Kostenbeteiligung abgelehnt (Gerechtigkeit, Steuern)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich ist die Stadt</li> <li>• Kostenbeteiligung abgelehnt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich: Stadt</li> <li>• Interesse am Wandern rückgängig</li> <li>• ausgewiesenes Wanderwegenetz ist gut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertreter der Alltagsradler</li> <li>• verantwortlich ist die Stadt</li> <li>• Kostenbeteiligung skeptisch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verantwortlich ist die Stadt</li> <li>• MTB wird auch als Leistungssport betrieben</li> <li>• vgl. auch Anlagen</li> </ul>

**Anhang 7:** Beispiel einer schriftlichen Vorinformation

Institutskopf

Betreff: Expertenbefragung zum Thema Wegenetz im Göttinger Stadtwald

Sehr geehrter Herr .....,

Bezug nehmend auf unser Telefonat vom ..... sende ich Ihnen hiermit wie abgesprochen eine kurze Vorinformation zu. Sie betrifft die für den ..... um ..... Uhr geplante Befragung. Eingangs möchte ich mich für Ihre Bereitschaft bedanken, sich für dieses etwa 45 Minuten dauernde Gespräch zur Verfügung zu stellen.

Am Forstwissenschaftlichen Fachbereich der Georg-August-Universität in Göttingen wird untersucht, wie verschiedene Nutzergruppen (Forstbetrieb, Wanderer, Radfahrer, Reiter, Freizeitsportler) das bestehende Wegenetz des Göttinger Stadtwaldes beurteilen. Das Ziel dieser Untersuchungen ist eine weitere Verbesserung der Wegeausstattung, die allen Nutzergruppen zugute kommt.

Uns interessiert in diesem Zusammenhang besonders Ihre Meinung zu der Frage, wieviel Wege vorhanden sein sollten (Wegelänge) und wie diese Wege beschaffen sein sollten (Wegequalität). Außerdem möchten wir Ihre Ansicht zu den Möglichkeiten und Grenzen einer gemeinsamen Nutzung von Wegen durch verschiedene Nutzergruppen kennenlernen.

Als kompetenter Vertreter der Göttinger ..... sollen Ihre Erfahrungen und Ihr Urteil in unserer Untersuchung besonders beachtet werden. Deshalb freue ich mich auf das Gespräch mit Ihnen.

Selbstverständlich sichern wir Ihnen bei der Auswertung der erhobenen Daten völlige Anonymität zu und werden Sie über die Ergebnisse der Untersuchung informieren.

Mit freundlichen Grüßen

Dipl.-Ing. Swen Hentschel

### **Anhang 8:** Grundkonzeption des Leitfadens für die Experteninterviews

Für die Leitfadengespräche wurde Kartenmaterial vorbereitet. Allen Befragten wurden Karten mit gleichen Inhalten und gleicher äußerer Form vorgelegt. Dargestellt wurde das bestehende Wegenetz im Untersuchungsgebiet. Befestigte und unbefestigte Wege wurden durch unterschiedliche Linienarten, die verschiedenen Nutzungsformen (Wanderweg, Radweg, Lehrpfad, Reitweg) durch differenzierte Farbgebung unterschieden. Im Verlaufe der Interviews wurden die Befragten gebeten, bestimmte Aspekte anhand der Karten zu erläutern bzw. direkt in die Karten einzuzeichnen.

Die Experten wurden zunächst als Vertreter der jeweiligen Interessengruppe und danach zu ihrer persönlichen Meinung befragt. Sie wurden aus folgenden Bereichen ausgewählt:

- Forstamt (Leiter und Revierleiter),
- Vereine (Reiter, Wanderer, Radfahrer),
- ADFC,
- Jagdnutzung,
- Schul- und Sport-(Bäder)amt,
- Fremdenverkehrsbüros,
- Straßenverkehrsbehörde,
- Garten- (Grünflächen)amt,
- Umweltschutzamt,
- Gesundheitsamt,
- Polizei,
- Sportfakultät (Professoren, wissenschaftliche Mitarbeiter, Fachgruppen).

Die vorbereiteten Fragen des Leitfadens dienten dem Interviewer als Orientierung. Generell wurde Wert darauf gelegt, die Ansichten der Befragten im Rahmen einer gelösten, aufgeschlossenen Kommunikation zu erfahren. Während der Interviews wurde versucht, flexibel auf die jeweiligen Angaben des Befragten zu reagieren. Damit sollte der Gesprächsfluß aufrechterhalten werden, ohne jedoch vom Thema abzuschweifen.

### **1. Teil: Einführung**

Herr ....., Sie gehören dem .....-verein an.

Wie lange gehören Sie schon zum Verein?

Welche Funktion haben Sie inne?

- Mitglied
- Vorsitzender
- Schriftführer
- Kassenwart
- andere

Wieviel Mitglieder hat der Verein?

Sind davon aktiv

- alle
- mehr als drei Viertel
- mehr als die Hälfte
- weniger als die Hälfte ?

## **2. Teil: Sachfragen – Schwerpunkt Wegelänge**

Wie oft ist die Mehrheit der Mitglieder aktiv?

- täglich
- mehrmals wöchentlich
- mehrmals monatlich
- selten

Wie lange dauert eine Einheit?

Wie oft wird der Göttinger Stadtwald im Rahmen Ihrer Vereinstätigkeit genutzt?

- bei jeder Einheit
- sehr oft
- oft
- nicht so oft
- überhaupt nicht

Auf welche Stadtwaldgebiete konzentrieren sich die Aktivitäten? (Karte vorlegen)

Gibt es ausgesprochene „Lieblingsstrecken“ ? Wo ?

Das Wegenetz hat eine Länge von ca. 80 km. Wie wird von Ihnen das Angebot an Waldwegen im Stadtforst beurteilt?

- als überhöht
- als ausreichend
- als nicht ausreichend

Welche Länge sollten die für Sie nutzbaren Waldwege mindestens haben? Wo kann gespart werden und wo kann ergänzt werden (Karte)?

### **3. Teil: Sachfragen – Schwerpunkt Wegequalität**

Die nächsten Fragen beziehen sich auf den Ausbaustandard der für Ihre Interessen nutzbaren Waldwege:

- Oberflächenbeschaffenheit, Erhaltungszustand
- Längsneigung
- Wegebreite
- Linienführung, Wegerandgestaltung
- Ausschilderung

### **4. Teil: Sachfragen – Schwerpunkt Möglichkeiten und Grenzen der Überlagerung von Nutzungsinteressen**

Im letzten Teil der Befragung interessiert mich Ihre Meinung zu den Möglichkeiten und Grenzen der gemeinsamen Nutzung der Waldwege durch verschiedene Nutzergruppen.

Mit welchen Nutzergruppen könnten Sie sich eine gemeinsame Nutzung der Waldwege im Stadtwald vorstellen?

- Forstwirtschaft
- Spaziergänger, Wanderer, Jogger
- Radfahrer
- Mountainbiker
- Reiter
- andere

Mit welchen der unter (17) genannten Gruppen kann es bei der gemeinsamen Nutzung von Wegen Probleme geben?

Wie könnten diese Probleme aussehen? Kennen Sie konkrete Fälle?

Wie kann man diese Probleme vermeiden?

### **4. Teil: Abschluß**

Bewegen sich Ihre Mitglieder gern im Stadtwald oder bevorzugen Sie andere Gebiete? – Warum?

Was gefällt Ihnen am Stadtwald besonders gut und was nicht?

Wer ist Ihrer Meinung nach für den Zustand des Wegenetzes im Stadtwald verantwortlich?

Ausbau, Instandsetzung und Unterhaltung der Waldwege verursachen Kosten. Wären Sie grundsätzlich dazu bereit, einen Ihren Aktivitäten angemessenen Anteil an diesen Kosten zu übernehmen?



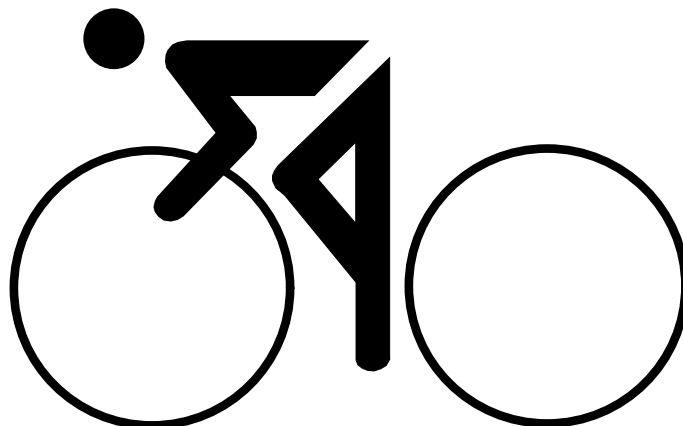
Anhang 9: Beispiel eines Flugblattes mit Verhaltensregeln für Radfahrer

Staatliches Forstamt  
Bovenden

BikeTeam  
Tuspo Weende

## *Biken im Göttinger Wald*

- ➔ *Cantis einsetzen bei Spaziergängern und Joggern  
(klingeln od. rufen u. langsam vorbei)*
- ➔ *Speed u. Downhill nur dort, wo die Strecke sicher  
und überschaubar ist*
- ➔ *Quer durch den Wald bringt kein 'fun' für Tiere  
und Pflanzen. (Es gibt bessere Trials.)*
- ➔ *keine crashes mit Fahrzeugen von Waldarbeitern  
(langsam um die Kurven)*



TUSPO Weende  
Abt. Radsport



Staatliches Forstamt  
Bovenden

## Was Mountainbike - Fahrer im Wald beachten sollten

**Zu Fuß** darf der Wald frei betreten werden. Ausgenommen sind jedoch Baumschulen, Kulturen, Dickungen und Bestände, in denen Holz eingeschlagen wird.

Alle (mit Schotter oder Asphalt) befestigten Forstwege, d.h. alle Wege, auf denen ganzjährig LKWs fahren können, sind für den **Verkehr mit Fahrrädern** freigegeben, auch wenn dies nicht gesondert angezeigt sein sollte.

Daraus folgt, daß alle anderen Wege nicht für den Verkehr mit Fahrrädern freigegeben sind. Verboten ist erst recht, mit den Fahrrädern quer durch die Bestände zu fahren, d.h. dort, wo weder Weg noch Steg bestehen.

Die Konzentration des Verkehrs auf die festen Wege hat vor allem den Zweck, **Tier- und Pflanzenwelt zu schonen**. Ständige Störungen führen dazu, daß das Wild immer scheuer wird und unter Umständen nicht mehr in der Lage ist, ausreichend Nahrung aufzunehmen.

Grundsätzlich gelten auch auf den Forstwegen die **Regeln der Straßenverkehrsordnung** (rechts fahren, rechts vor links usw.).

Die Benutzung der Wege erfolgt **auf eigene Gefahr**. Die Wege sind in erster Linie nicht für den Fahrradverkehr, sondern für die Belange des Forstbetriebs ausgerichtet und in der Regel mit Schranken gesperrt. Ein übertriebener Ausbaustandard (Asphalt, feiner Grus usw.) darf deshalb nicht erwartet werden.

Im Interesse der eigenen Sicherheit sollten die Benutzer der Forstwege immer daran denken, daß die Wege zwar nur einspurig ausgebaut sind, daß aber Verkehr in beiden Richtungen zu erwarten ist. Dies können andere Radfahrer, LKWs für die Holzabfuhr oder die Fahrzeuge des betreuenden Forstbeamten sein. Es ist also ratsam, ständig - besonders in Kurven - auf solchen **Gegenverkehr** vorbereitet zu sein.

Viele Benutzer, Jogger, Wanderer, Spaziergänger, Reiter, Radfahrer usw. beanspruchen dieselben Wege. Es sollte eine Selbstverständlichkeit sein, daß die verschiedenen Teilnehmer gegenseitig aufeinander **Rücksicht nehmen**, weil es praktisch unmöglich ist, die verschiedenen Nutzungsarten voneinander zu trennen.

Ebenso selbstverständlich sollte sein, daß auf die schwächsten Glieder, **auf die Fußgänger in besonderer Weise** Rücksicht genommen wird (rechtzeitige Warnung durch Rufen oder Klingeln, langsames Vorbeifahren usw.).

Oktober 1993

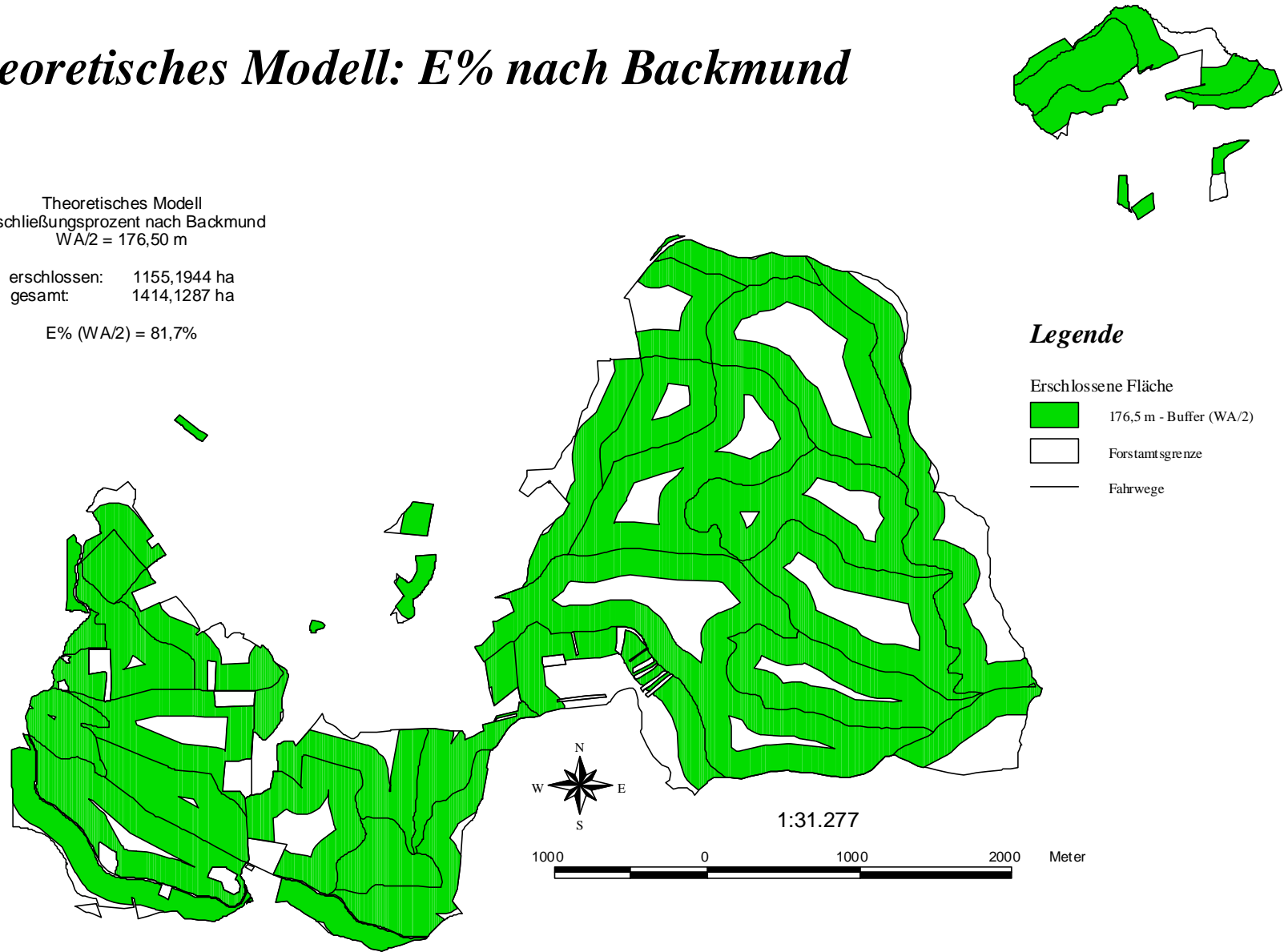
Anhang 11: Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{\text{BACKMUND}}$ )

## Theoretisches Modell: $E\%$ nach Backmund

Theoretisches Modell  
Erschließungsprozent nach Backmund  
WA/2 = 176,50 m

erschlossen: 1155,1944 ha  
gesamt: 1414,1287 ha

$E\%$  (WA/2) = 81,7%

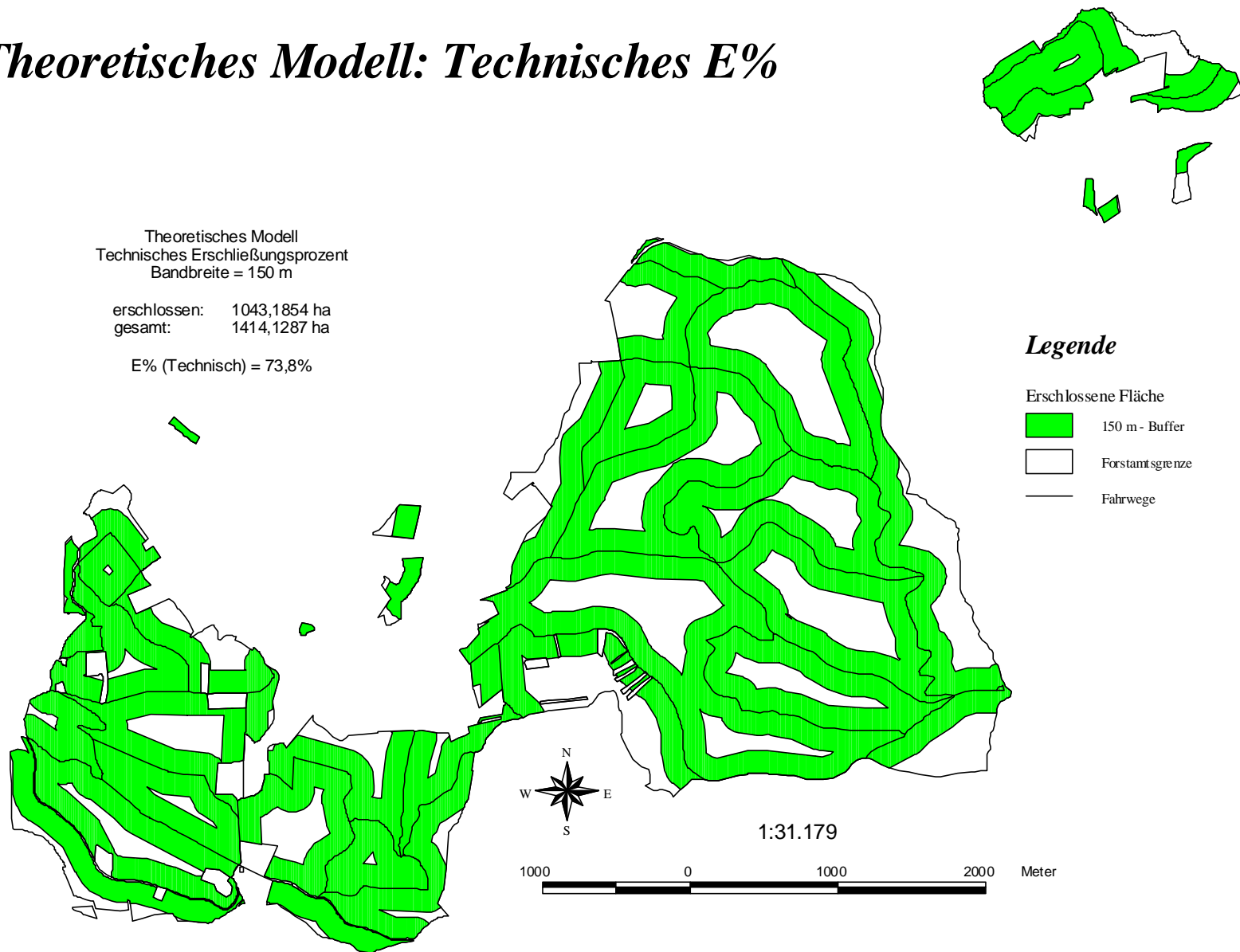


Anhang 12: Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ )*Theoretisches Modell: Technisches E%*

Theoretisches Modell  
Technisches Erschließungsprozent  
Bandbreite = 150 m

erschlossen: 1043,1854 ha  
gesamt: 1414,1287 ha

$E\%$  (Technisch) = 73,8%

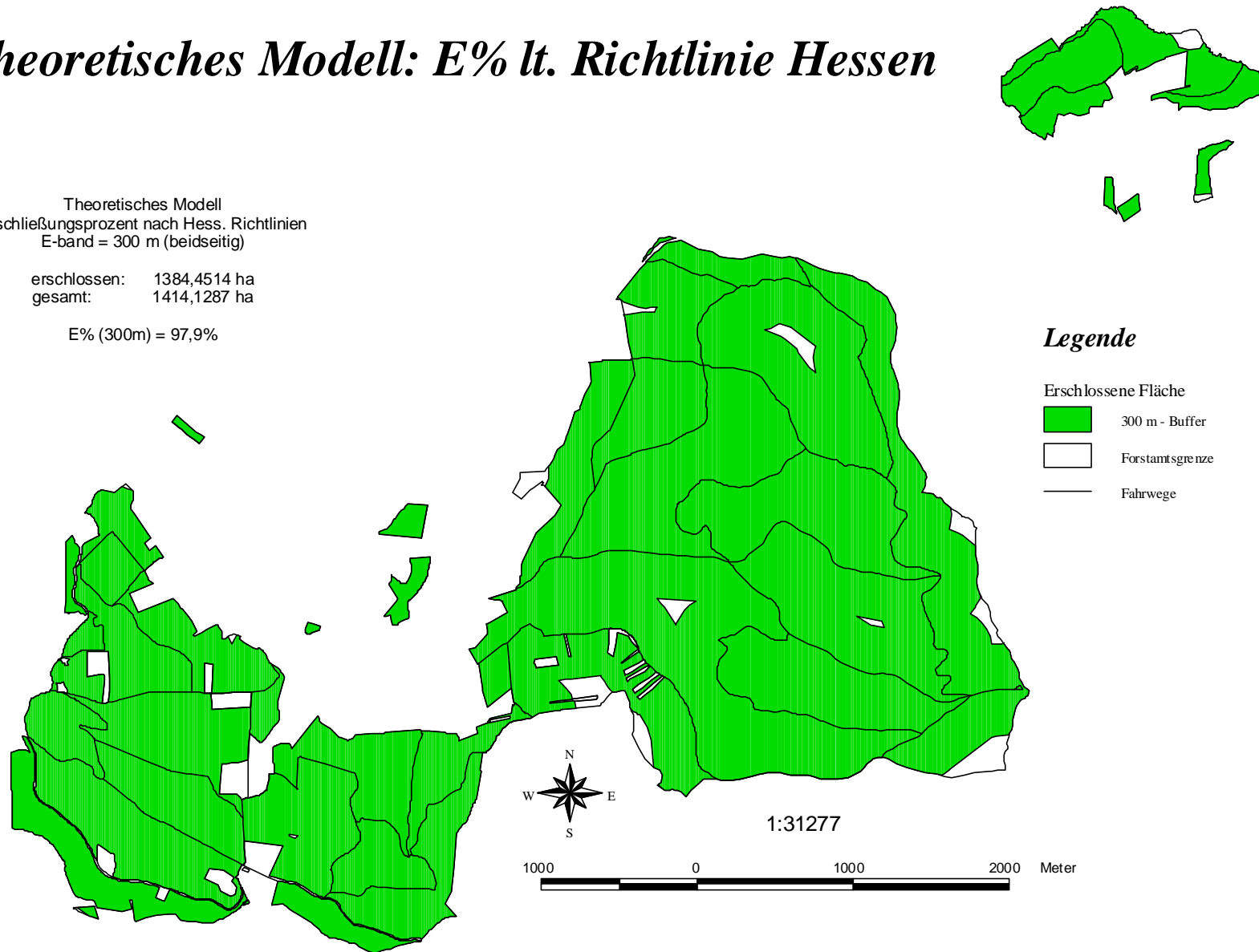


Anhang 13: Erschließungssituation im Theoretischen Modell ( $E\%_{\text{HESSEN}}$ )*Theoretisches Modell:  $E\%$  lt. Richtlinie Hessen*

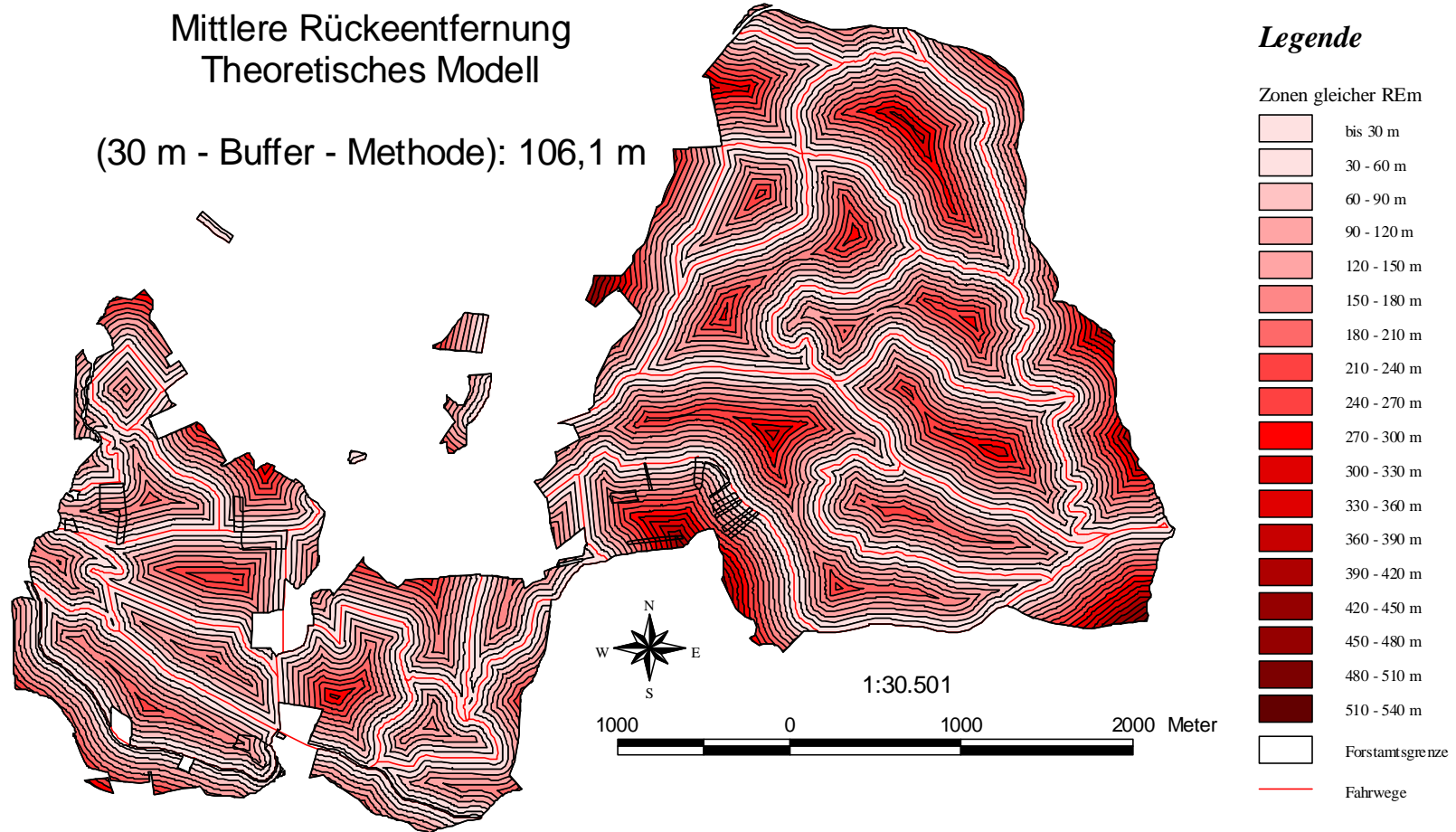
Theoretisches Modell  
Erschließungsprozent nach Hess. Richtlinien  
E-band = 300 m (beidseitig)

erschlossen: 1384,4514 ha  
gesamt: 1414,1287 ha

$E\% (300\text{m}) = 97,9\%$



# *Theoretisches Modell: Kürzeste mittlere Rückeentfernung REm*

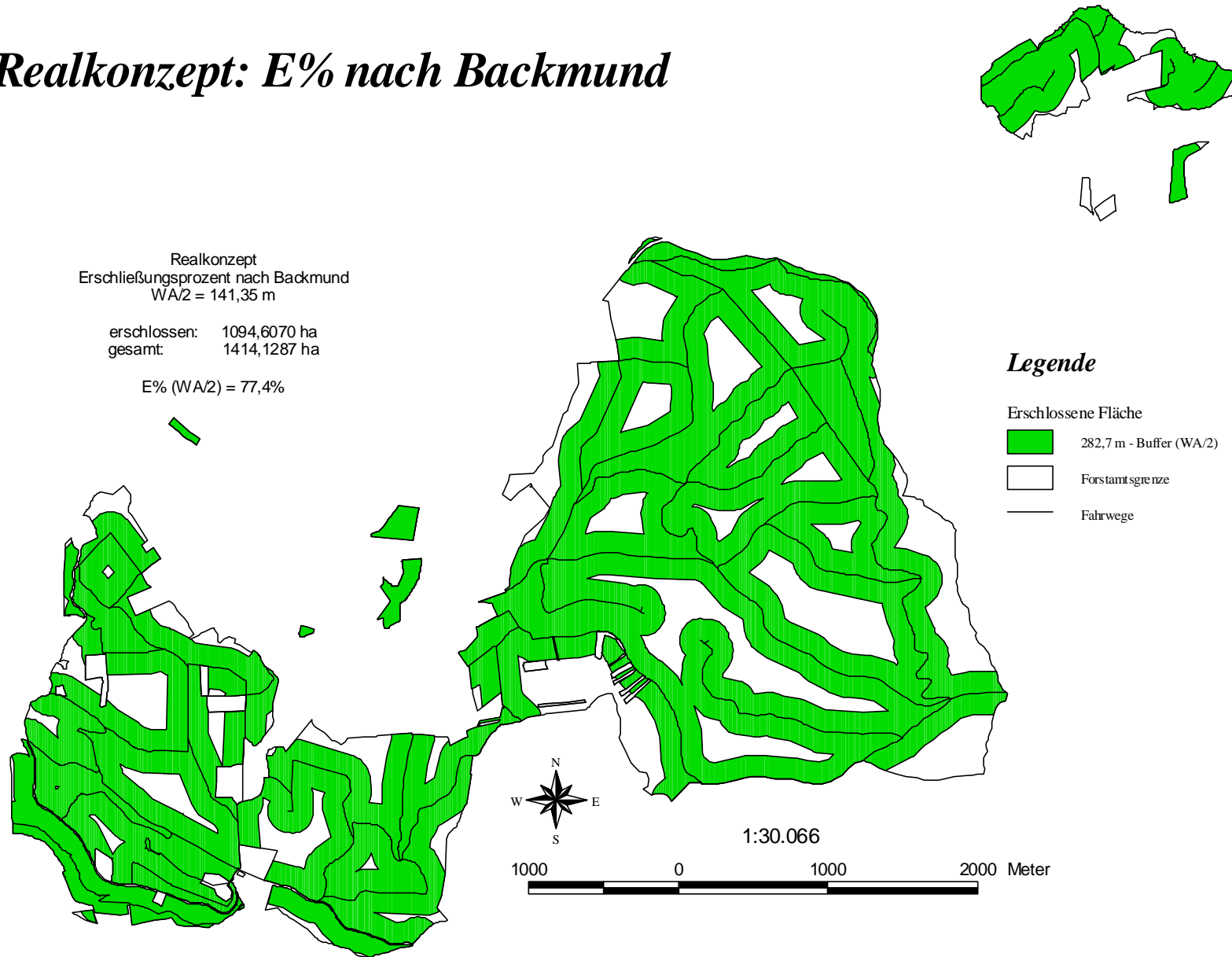


Anhang 15: Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{\text{BACKMUND}}$ )***Realkonzept:  $E\%$  nach Backmund***

Realkonzept  
Erschließungsprozent nach Backmund  
WA/2 = 141,35 m

erschlossen: 1094,6070 ha  
gesamt: 1414,1287 ha

$E\% (WA/2) = 77,4\%$

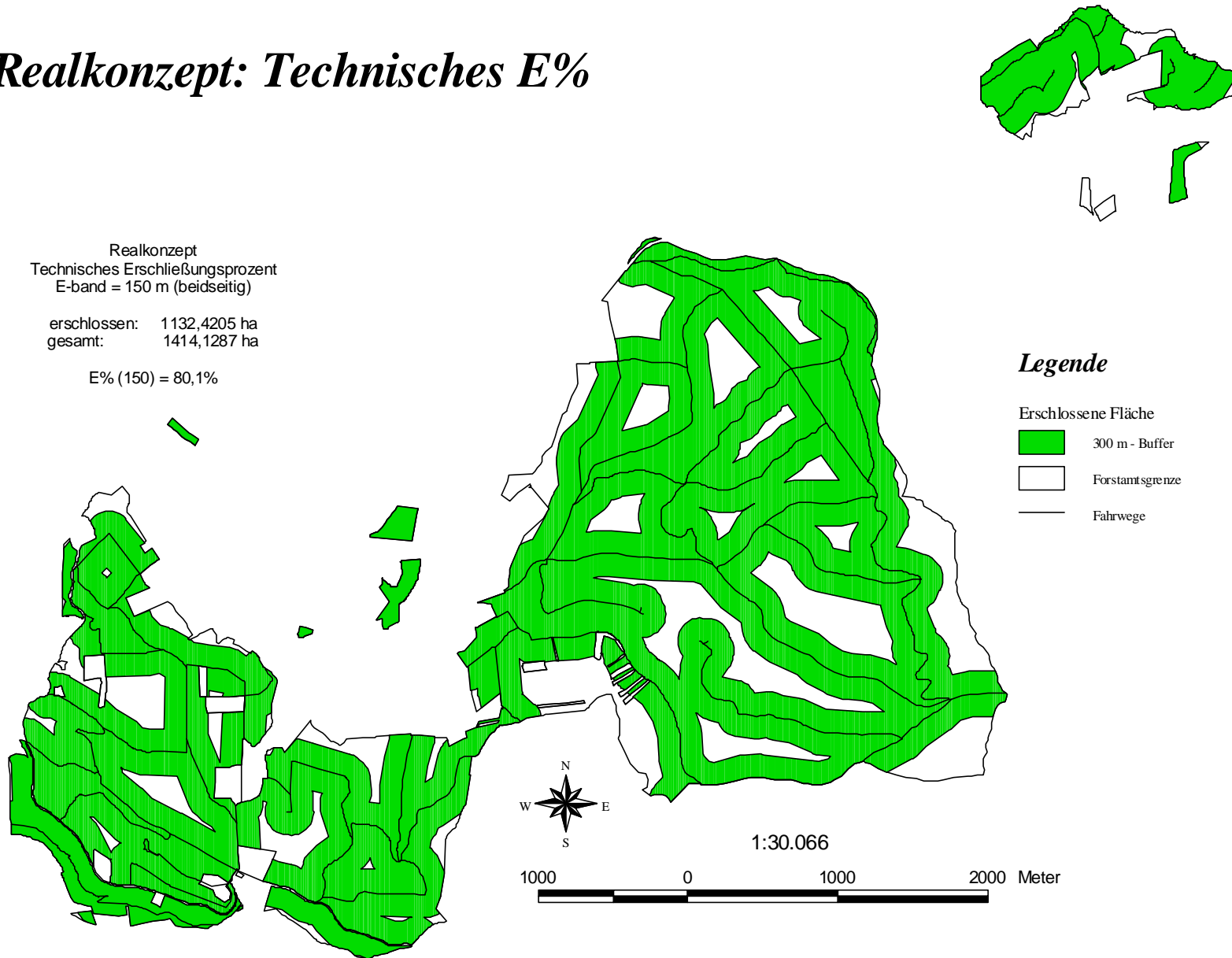


Anhang 16: Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{\text{TECHNISCH}}$ )***Realkonzept: Technisches E%***

Realkonzept  
Technisches Erschließungsprozent  
E-band = 150 m (beidseitig)

erschlossen: 1 132,4205 ha  
gesamt: 1 414,1287 ha

$E\% (150) = 80,1\%$



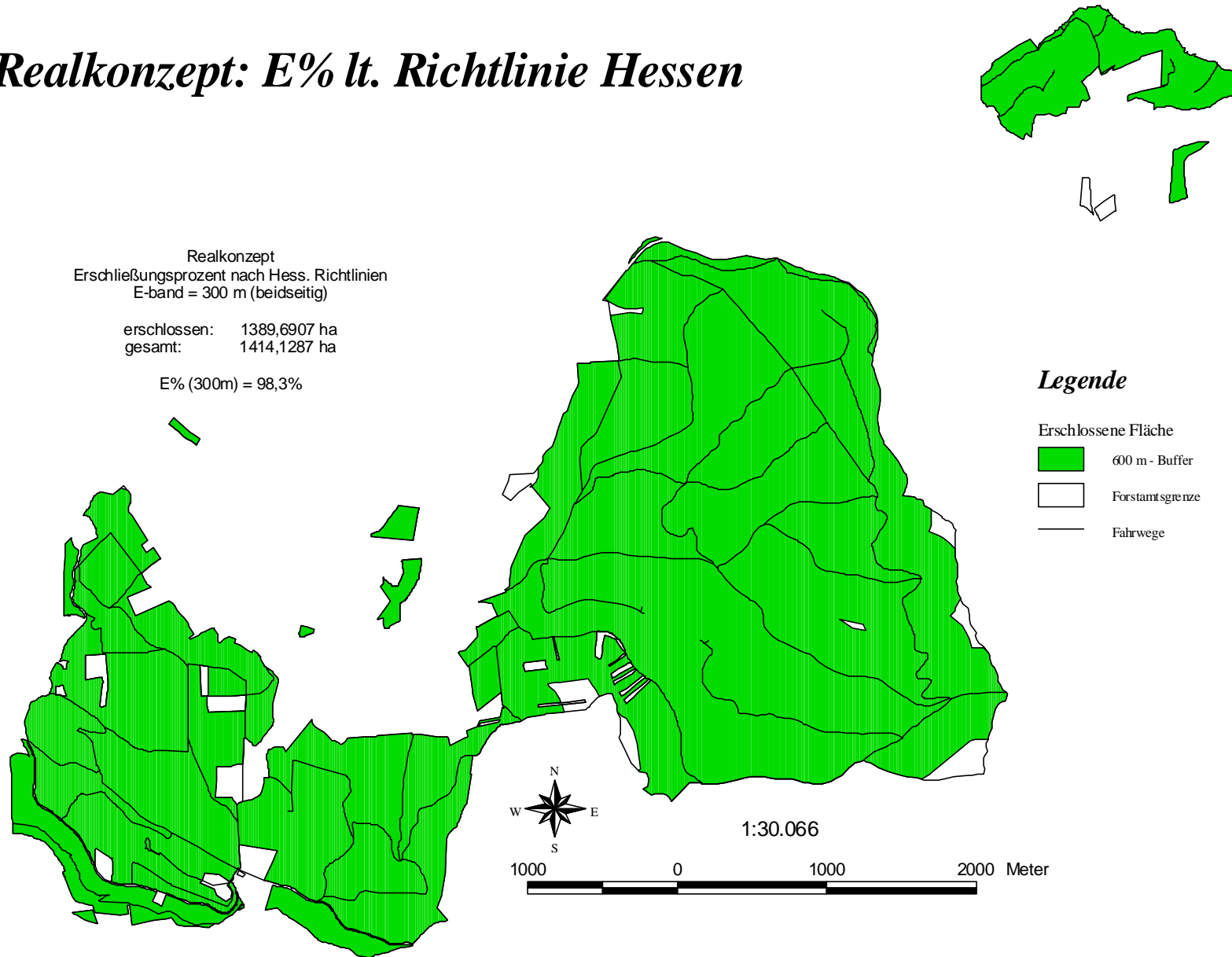


Anhang 17: Erschließungssituation im Realkonzept ( $E\%_{\text{HESSEN}}$ )***Realkonzept:  $E\%$  lt. Richtlinie Hessen***

Realkonzept  
Erschließungsprozent nach Hess. Richtlinien  
E-band = 300 m (beidseitig)

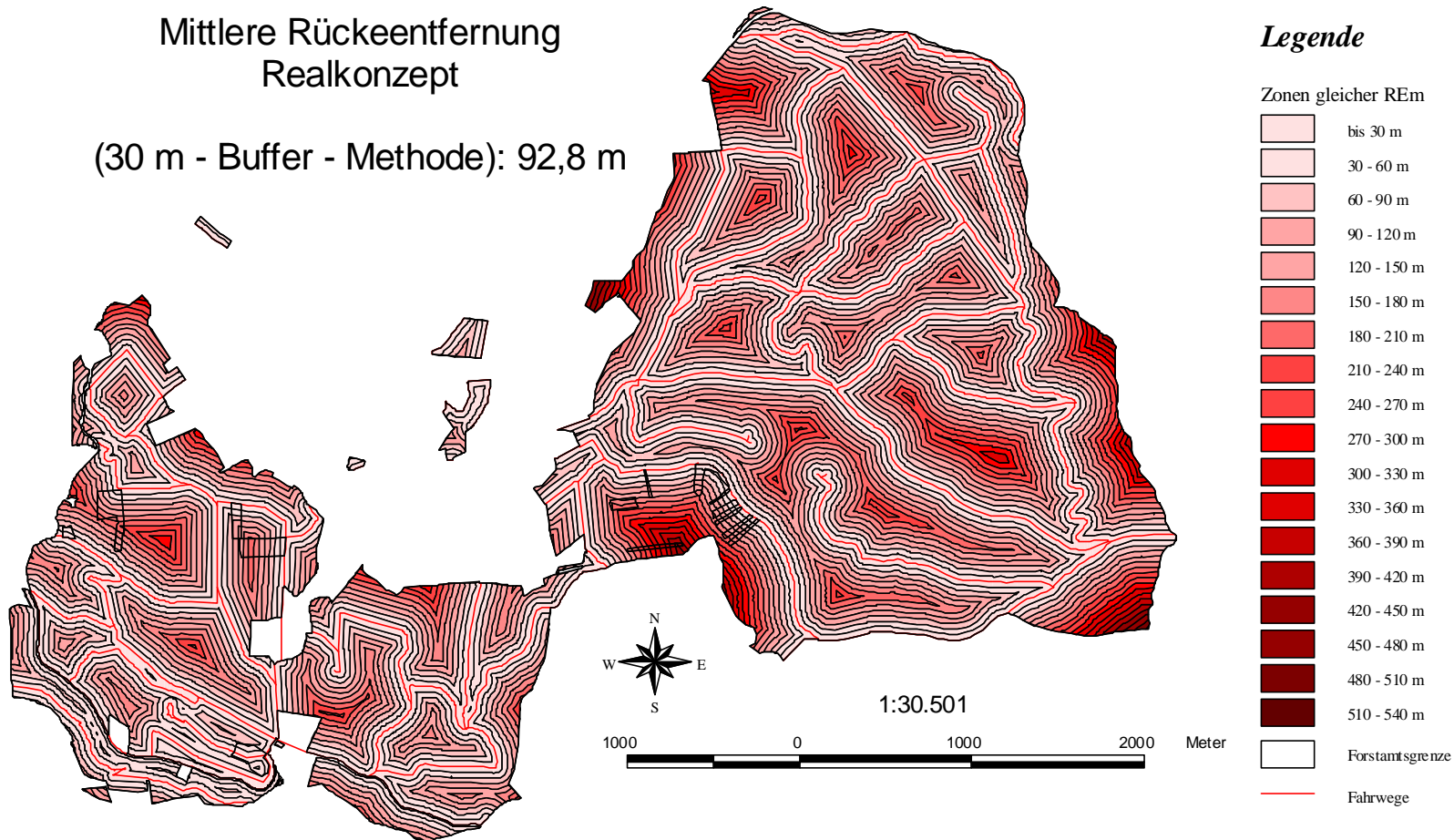
erschlossen: 1389,6907 ha  
gesamt: 1414,1287 ha

$E\% (300\text{m}) = 98,3\%$



# Realkonzept: Kürzeste mittlere Rückeentfernung REM

Mittlere Rückeentfernung  
Realkonzept  
(30 m - Buffer - Methode): 92,8 m



**Anhang 19:** Zusammenstellung der Erschließungskennziffern

	Status quo	Theoretisches Modell	Realkonzept
<b>Fläche des Erschließungsgebietes [ha]</b>	<b>1414,1287</b>	<b>1414,1287</b>	<b>1414,1287</b>
Länge der Fahrwege [m]	79715,68	42571,78	52866,40
Länge der Randwege [m]	14123,96	5027,90	5700,40
Randwege / 2 [m]	7061,98	2513,95	2850,20
<b>Erschließungswirksame Fahrwegelänge [m]</b>	<b>72653,70</b>	<b>40057,83</b>	<b>50016,20</b>
<b>Wegedichte WD [m/ha]</b>	<b>51,38</b>	<b>28,33</b>	<b>35,37</b>
<b>Wegeabstand WA [m]</b>	<b>194,60</b>	<b>353,00</b>	<b>282,70</b>
<b>Wirksamer Wegeabstand <math>WA_W (k_N \times WA)</math> [m]</b>	<b>280,20</b>	<b>430,70</b>	<b>364,70</b>
<b>E% nach BACKMUND – E%<sub>BACKMUND</sub></b>	<b>69,4%</b>	<b>81,7%</b>	<b>77,4%</b>
Erschließungsbandbreite = $WA/2$ [m]	97,30	176,50	141,35
Erschlossene Fläche [ha]	980,9758	1155,1944	1094,6070
<b>Technisches E% - E%<sub>TECHNISCH</sub></b>	<b>86,3%</b>	<b>73,8</b>	<b>80,1%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	150	150	150
Erschlossene Fläche [ha]	1219,9594	1043,1854	1132,4205
<b>E% nach Hess. Richtlinien - E%<sub>HESSEN</sub></b>	<b>98,8%</b>	<b>97,9</b>	<b>98,3%</b>
Erschließungsbandbreite [m]	300	300	300
Erschlossene Fläche [ha]	1396,4882	1384,4514	1389,6907
<b>RE<sub>0</sub> (= 2500 / WD)</b>	<b>48,7</b>	<b>88,2</b>	<b>70,7</b>
<b>RE<sub>m</sub> (= (<math>k_N \times 2500</math>) / WD)</b>	<b>70,1</b>	<b>107,7</b>	<b>91,2</b>
<b>RE<sub>m</sub> (= GIS- gestützt)</b>	<b>79,1</b>	<b>106,1</b>	<b>92,8</b>
<b>RE<sub>t</sub> (= (<math>k_G \times 2500</math>) / WD)</b>	<b>98,8</b>	<b>151,8</b>	<b>128,6</b>
<b>Korrekturfaktoren nach BACKMUND</b>			
$k_N (= 100 / E\%_{BACKMUND})$	1,44	1,22	1,29
$k_R$	1,41	1,41	1,41
$k_G$	2,03	1,72	1,82
<b>Fahrbahnfläche bei durchschnittlich 3,5m Fahrbahnbreite [ha]</b>	<b>23,7668</b>	<b>14,7084</b>	<b>18,2590</b>

## **Lebenslauf Dipl.-Ing. Swen HENTSCHEL**

An der Mühle 15a  
37075 GÖTTINGEN

NATIONALITÄT: DEUTSCH  
GEBOREN AM: 3. MÄRZ 1967  
GEBOREN IN: NAUMBURG / SAALE  
FAMILIENSTAND: VERHEIRATET, EIN KIND  
ELTERN: KARL-HEINZ GERT HENTSCHEL  
ANGELIKA ERNESTINE HENTSCHEL

---

**Polytechnische Oberschule** 1973 - 1981  
Osterfeld / Sachsen-Anhalt  
*Abschluß mit Zeugnis der achten Klasse (Notenmittel 1.0)*

**Erweiterte Oberschule** 1981 - 1983  
Schulpforte / Sachsen-Anhalt  
*Abschluß mit Abschlußzeugnis der Zehnklassigen Allgemeinbildenden  
Polytechnischen Oberschule (Notenmittel 1.65)*

**Martin-Luther-Universität Halle / Wittenberg** 1983 - 1985  
Halle / Sachsen-Anhalt  
*Abschluß am Institut zur Vorbereitung auf das Auslandsstudium mit  
Reifezeugnis (Prädikat 'gut'; Notenmittel 1.85)*

**Wehrdienst** 1985 - 1987  
Berlin- Basdorf  
*18 Monate Grundwehrdienst (Gefreiter der Reserve)*

**Forstliche Fakultät der  
Technischen Universität Zvolen** 1987 - 1992  
Zvolen / Slowakische Republik  
*Abschluß als Diplomingenieur für Forstwirtschaft mit Diplom und  
Hochschulabschlußzeugnis (Prädikat 'ausgezeichnet')*

**Forstwissenschaftlicher Fachbereich der  
Georg-August-Universität Göttingen** 1992 - 1993  
Göttingen / Niedersachsen  
*Abschluß eines einjährigen Zusatzstudiums mit einem  
Zertifikat (Notenmittel 2.17)*

**Forstwissenschaftlicher Fachbereich der  
Georg-August-Universität Göttingen** 1993 - 1996  
Göttingen / Niedersachsen  
*Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand*

**Förderung der nachhaltigen Waldwirtschaft in  
Ost-Kalimantan, Indonesien** Okt. 1996 – Feb. 1997  
Feb. 1998 – Mai 1998  
Indonesian-German Technical Cooperation, GTZ  
*Expertentätigkeit zu Fragen der Walderschließung und des  
Einsatzes von geographischen Informationssystemen*

**Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der  
Georg-August-Universität Göttingen**  
Göttingen / Niedersachsen  
*Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand*

1997 – 1998

**Albert-Ludwigs-Universität Freiburg /  
DOLD Holzwerke GmbH Buchenbach**  
Freiburg i.Br. / Baden-Württemberg  
*Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand*

1998 – 1999

Swen H E N T S C H E L  
An der Mühle 15a  
D-37075 GÖTTINGEN

1. Juli 1999

### **Eidesstattliche Versicherung**

Hiermit versichere ich gemäß §4 der Promotionsordnung der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen in der Fassung vom 8. Januar 1986, daß ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe.

## **ABSTRACT**

In der vorliegenden Untersuchung wird am Beispiel des Göttinger Stadtwaldes ein Erschließungskonzept entwickelt, das die Anpassung des vorhandenen Wegenetzes an die Ansprüche der verschiedenen Waldbesucher unter Beachtung der Pflege des Waldes für die Erholungs- und Schutzfunktionen sowie nachrangig auch für die Nutzfunktion zum Gegenstand hat. Aus forstbetrieblicher Sicht werden Möglichkeiten zur Kosteneinsparung bei der Wegeinstandhaltung durch Extensivierung und / oder Absenkung der Wegedichte geprüft.

Mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) werden forstbetriebliche und durch Erholung verursachte Schwerpunkte der Wegebelastung gekennzeichnet, sich überlagernde Nutzerinteressen offengelegt und als Grundlage einer Erschließungsalternative quantitativ beurteilt und dargestellt.

Auf der Grundlage eines theoretischen Erschließungsmodells und unter Einbeziehung von Erkenntnissen aus Expertenbefragungen sowie ergänzender Literaturrecherchen zum Thema Freizeit- und Erholungsnutzung wurde ein multifunktionales Erschließungskonzept hergeleitet. Dieses sogenannte Realkonzept stellt in seiner Kombination von Wirtschafts- und Freizeitwegen eine Integration der verschiedenen Nutzerinteressen und -präferenzen dar.

Durch die räumliche Überlagerung verschiedener Wegenutzungen im GIS können unter anderem solche Wegeabschnitte identifiziert und visualisiert werden, auf denen durch die Konzentration mehrerer – eventuell schwer vereinbarer – Nutzungskategorien ein erhöhtes Konfliktpotential vorhanden ist. Aufgrund solcher Informationen besteht dann die Möglichkeit, diese Problembereiche entweder durch Entflechtung, ggf. auch durch Zubau separater Freizeitwege (z.B. Reitwege) oder durch gezielte Maßnahmen der Besucherlenkung soweit wie möglich zu entschärfen.